

**STUDI ANALISIS KONSUMSI DAN PENGHEMATAN
ENERGI
DI PT. P.G. KREBET BARU I**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :
BUDI AGUNG RAHARJO
0910630043-63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI ANALISIS KONSUMSI DAN PENGHEMATAN ENERGI
DI PT. P.G. KREBET BARU I**

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

BUDI AGUNG RAHARJO

NIM. 0910630043 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Unggul Wibawa, M.Sc
NIP. 19630106 198802 1 001

Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D
NIP.19730520 200801 1 013

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISIS KONSUMSI DAN PENGHEMATAN ENERGI

DI PT. P.G. KREBET BARU I

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKRO

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

BUDI AGUNG RAHARJO

NIM. 0910630043 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 07 Februari 2014

Majelis Penguji :

Mahfudz Shidiq, Ir., MT.
NIP. 19580609 198703 1 003

Hery Purnomo, Ir., MT.
NIP. 19550708 198212 1 001

Drs.Ir.Moch.Dhofir,M.T

NIP. 19600701 199002 1 001

Mengetahui :

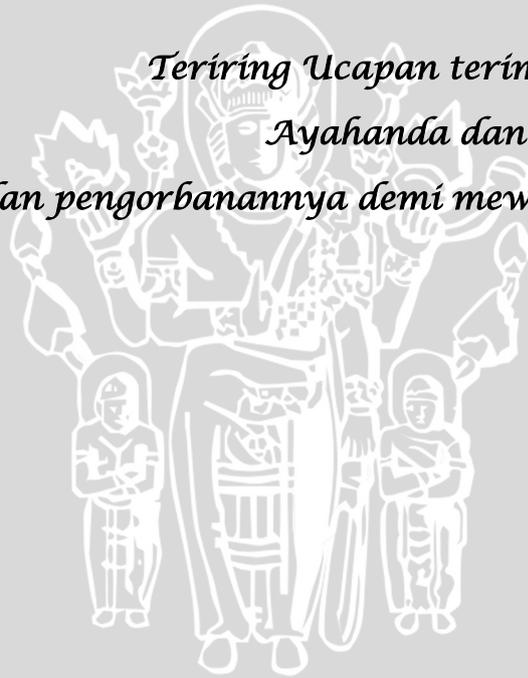
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D

NIP. 19741203 200012 1 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*Teriring Ucapan terima kasih kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta
Atas perjuangan dan pengorbanannya demi mewujudkan impian
sang penulis.*



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan berkat-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Kreet Baru I". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Skripsi ini membahas tentang konsumsi energi listrik dan penghematan energi listrik di PT. P.G. Kreet Baru I. Dari proses pengambilan data dan analisis akan diketahui konsumsi energi listrik, konsumsi energi listrik dibandingkan dengan standar, serta menentukan langkah yang dapat dilakukan untuk menghemat energi listrik.

Disadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

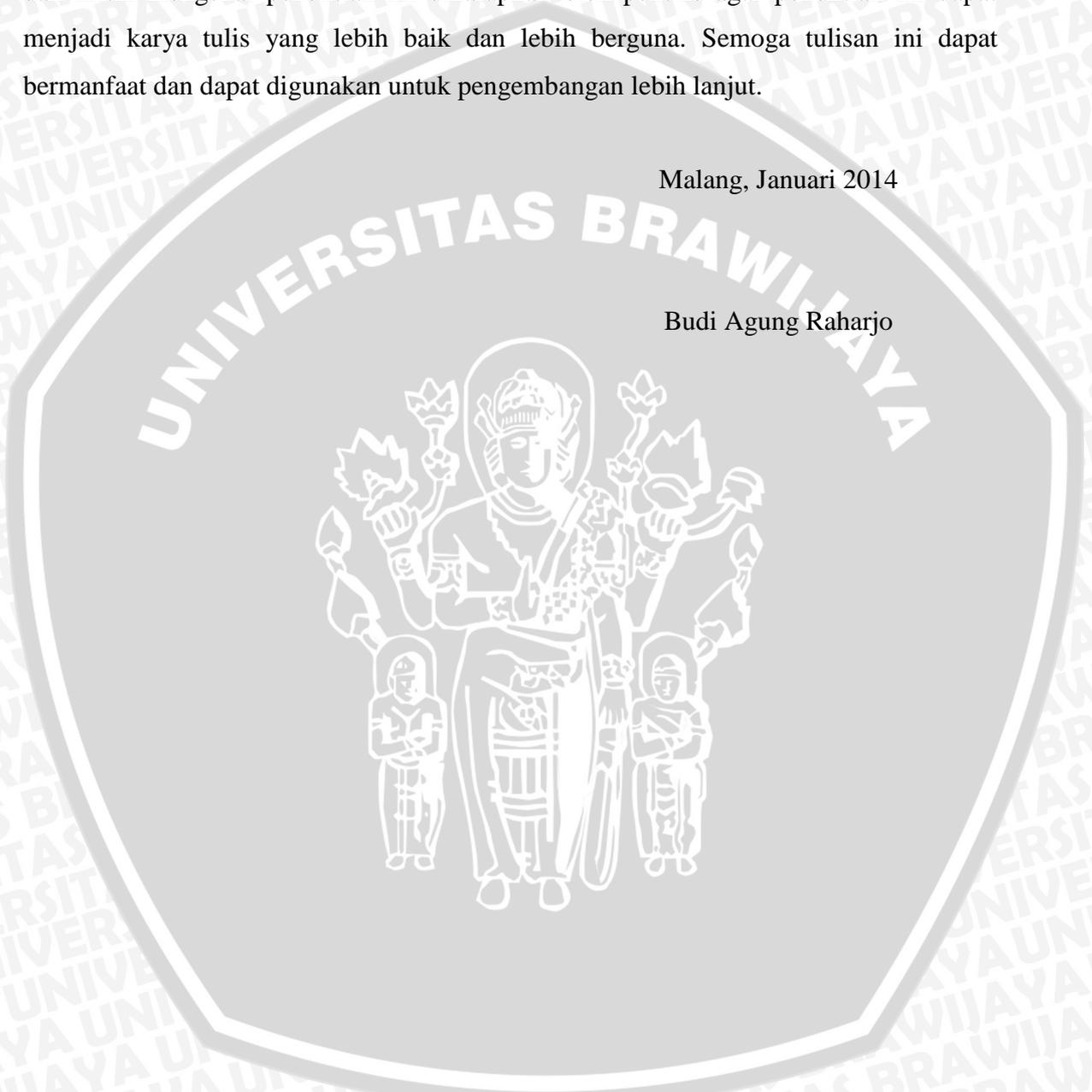
1. Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing skripsi.
3. Bapak Mochammad Rif'an, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik.
5. Bapak Unggul Wibawa, Ir., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
6. Pihak PT. P.G. Kreet Baru I yang telah bersedia menjadi obyek penelitian dari skripsi saya ini dan semoga menjadi hal yang berguna bagi semuanya.
7. Bapak Pratomo, Ibu Mudrikah, Dina Mariana, Dani Wahyu Widodo, dan Ervin Ervianto atas dukungan doa, finansial, dan dorongan semangat.
8. Desinta Ayu Woro H yang telah memberikan semangat dan dukungan selama menjalani perkuliahan dan pengerjaan skripsi.
9. Kosa Shantia teman seperjuangan dalam mengerjakan skripsi.
10. Teman - teman mahasiswa Teknik 2009, Teknik Elektro angkatan 2009 (*Ampere*) dan konsentrasi Teknik Energi Elektrik, serta rekan-rekan di Laboratorium Sistem Daya Elektrik dan Bengkel Listrik yang telah menemani dan berbagi semangat selama menjalani perkuliahan.

11. Pihak lain yang telah memberikan bantuan serta dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas penyusunan skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, Januari 2014

Budi Agung Raharjo



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
1.6. Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Konservasi Energi.....	4
2.2. Audit Energi.....	5
2.3. Tingkatan Audit.....	5
2.3.1. Audit Tingkat 1.....	5
2.3.2. Audit Tingkat 2.....	5
2.3.3. Audit Tingkat 3.....	6
2.4. Konsumsi Energi Spesifik (KES)	6
2.5. Intensitas Konsumsi Energi (IKE).....	7
2.6. Macam – Macam Daya Listrik	7
2.7. Macam – Macam Beban	8
2.8. Motor Listrik.....	9

2.8.1. Motor DC.....	9
2.8.2. Motor AC.....	9
2.8.3. Penggunaan <i>Frequency Inverter</i> pada Motor Induksi Tiga Fasa	12
2.9. Koreksi Faktor Daya	14
2.10. Beban Penerangan.....	15
2.10.1. Tingkat Pencahayaan.....	16
2.10.2. Efisiensi Penerangan	17
2.11. Beban AC (<i>Air Conditioning</i>).....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1. Studi Literatur	21
3.2. Pemetaan Tempat Kerja.....	21
3.3. Pengambilan Data	21
3.4. Analisis dan Pembahasan.....	23
3.4.1. Pengolahan Data	23
3.4.2. Analisis Data	23
3.4.3. Analisis Peluang Hemat Energi (PHE).....	23
3.5. Kesimpulan dan Saran	23
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN DATA	24
4.1. Gambaran Umum PT. P.G. Rajawali I	24
4.2. Kondisi Kelistrikan pada PT. P.G. Krebet Baru I.....	24
4.3. Pembebanan Terhadap PT. P.G. Krebet Baru I.....	28
4.4. Analisis Konsumsi Energi Spesifik (KES) pada P.G Krebet Baru I	33
4.5. Analisis pada Beban Motor.....	33
4.5.1. Perhitungan Beban Motor.....	34
4.5.2. Perhitungan Daya Masukan Motor Berdasarkan Perubahan Frekuensi.....	35
4.5.3. Perhitungan Penghematan pada Motor.....	37
4.6. Analisis pada Beban Penerangan.....	40

4.6.1. Perhitungan Konsumsi Energi terhadap Beban Penerangan	40
4.6.2. Perhitungan Intensitas Cahaya dan Kebutuhan Lampu.....	43
4.6.3. Perhitungan Penghematan Pada Beban Penerangan.....	46
4.7. Analisis pada Beban AC	50
4.7.1. Perhitungan Konsumsi Energi terhadap AC.....	51
4.7.2. Perhitungan terhadap Kapasitas AC.....	53
4.7.3. Perhitungan Penghematan Pada AC.....	54
4.8. Total Penghematan pada Pembebanan di P.G. Krevet Bru I.....	57
BAB V PENUTUP	58
5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN	61



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Konsumsi Energi Spesifik Sektor Lainnya.....	6
Tabel 2.2	Standar Intensitas Konsumsi Energi.....	7
Tabel 2.3	Tingkat Pencahayaan Rata-Rata yang Direkomendasikan.....	16
Tabel 2.4	Faktor Refleksi pada Beberapa Tempat.....	17
Tabel 2.5	Efisiensi Penerangan pada Lampu.....	18
Tabel 4.1	Formasi Pembebanan di P.G. Krebet Baru I.....	27
Tabel 4.2	Salah Satu Hasil Pengukuran pada Main Distribution Panel.....	28
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Daya dan Energi.....	31
Tabel 4.4	<i>Name Plate</i> Motor.....	34
Tabel 4.5	Data Pengukuran Motor Pompa Nira Peti bolougne.....	34
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Daya Masukan dan Beban Terhadap Perubahan Frekuensi	35
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Motor <i>Inverter</i> dan Motor Tanpa <i>Inverter</i>	36
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Penghematan pada Stasiun Gilingan.....	37
Tabel 4.9	Perhitungan dari Seluruh Stasiun dengan Menggunakan <i>Inverter</i> dan tidak menggunakan <i>Inverter</i>	38
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Gilingan.....	39
Tabel 4.11	Pengukuran Tegangan dan Arus pada Lampu.....	40
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Energi dan Intensitas Konsumsi Energi pada Beban Penerangan.....	42
Tabel 4.13	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya pada Besali.....	44
Tabel 4.14	Perbandingan Konsumsi Energi Lampu LED 100W dengan Lampu <i>Mercury</i> 500 W.....	46
Tabel 4.15	Perbandingan Konsumsi Energi Lampu <i>Philips High Lumen Twister Cool</i> <i>White</i> 80W dengan Lampu <i>Mercury</i> 250 W.....	47

Tabel 4.16 Perbandingan Konsumsi Energi Lampu <i>Philips High Lumen Twister Cool White</i> 65 W dengan Lampu Pijar 300 W	47
Tabel 4.17 Perbandingan Konsumsi Energi Lampu <i>Philips High Lumen Twister Cool White</i> 45W dengan Lampu Pijar 200 W	48
Tabel 4.18 Perbandingan Konsumsi Energi <i>Philips TL D Eco36W</i> dengan Lampu TL 40 W	48
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Energi dan Intensitas Konsumsi Energi pada Beban Penerangan	49
Tabel 4.20 Data Ruangan dan Penggunaan AC	50
Tabel 4.21 Pengukuran Tegangan dan Arus pada AC	51
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Konsumsi Energi dan IKE beban AC	52
Tabel 4.23 Perhitungan Kapasitas AC yang Dibutuhkan	54
Tabel 4.24 Perbandingan Konsumsi Energi AC <i>Stand 5 PK</i> dengan AC <i>Inverter</i> untuk Panel <i>Boiler</i>	55
Tabel 4.25 Perbandingan Konsumsi Energi AC <i>Stand 5 PK</i> dengan AC <i>Inverter</i> untuk Panel <i>ASEA</i>	56



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Grafik Efisiensi Motor Beban Sebagai Fungsi dari Efisiensi Beban Penuh	10
Gambar 2.2	Sistem Kerja <i>Inverter</i> untuk Motor Induksi Tiga Fasa	13
Gambar 2.3	Perbandingan Antara Frekuensi dan Daya Keluaran Motor yang Diberi Suplai <i>Inverter</i>	13
Gambar 2.4	Perbandingan Rugi – Rugi pada Motor yang Disuplai PWM Dengan Sumber Sinusoida	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian Skripsi	20
Gambar 4.1	Denah P.G. Kreet Baru dan Objek Penelitian	26
Gambar 4.2	Grafik Pembebanan Terhadap Frekuensi yang Berbeda.....	35
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Motor <i>Inverter</i> dengan Tanpa <i>Inverter</i>	36
Gambar 4.4	Grafik IKE pada Beban Penerangan	43
Gambar 4.5	Ilustrasi Denah Instalasi Lampu ML 250 W pada Stasiun Besali 342 m ² ..	44
Gambar 4.6	Grafik IKE Baru pada Beban Penerangan	49
Gambar 4.7	Penempatan AC pada Panel <i>Boiler</i> dan Panel ASEA	50
Gambar 4.8	Grafik IKE pada Beban AC	53
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Konsumsi Energi setelah ada Penghematan	57

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Pengukuran pada MDP	62
Lampiran 2a	Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Pabrik Tengah	66
Lampiran 2b	Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Puteran (Panel Conti).....	68
Lampiran 2c	Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Puteran (Panel Asea, WS dan Talang Goyang)	70
Lampiran 2d	Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Ketel (Panel Yoshimine II dan Baggase Dryer)	72
Lampiran 2e	Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Ketel (Panel Cheng - Cen dan Baggase Dryer)	74
Lampiran 3a	Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Pabrik Tengah	75
Lampiran 3b	Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Ketel (cheng-cen)	77
Lampiran 3c	Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Ketel (Yoshimine II).....	78
Lampiran 3d	Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Puteran (conti).....	79
Lampiran 3e	Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Puteran (ASEA, WS dan Talang Goyang).....	80
Lampiran 4	Peletakan Lampu dan Jenisnya	81
Lampiran 5	Penghematan pada Lampu	82
Lampiran 6	AC <i>Inverter</i> 1 PK, 1,5 PK, 2 PK, dan 2,5 PK	83
Lampiran 7	LHE Philips Tornado High Lumen	84
Lampiran 8	LED 100 W	85
Lampiran 9	TL D Eco	86



RINGKASAN

Budi Agung Raharjo, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, *Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Krebet Baru I*, Dosen Pembimbing : Unggul Wibawa, Ir.,M.Sc. dan Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D.

Industri merupakan salah satu pengguna energi listrik yang besar. Pada suatu industri perlu adanya audit energi dan penghematan energi. Audit energi pada industri dilakukan untuk mengetahui seberapa besar konsumsi energinya. Hasil dari audit energi digunakan untuk mencari potensi penghematan energi dan solusi penghematannya. Penelitian ini dilakukan di PT. P.G. Krebet Baru I pada bulan Desember 2013. Penelitian dilakukan dengan cara mengamati beban yaitu motor, lampu dan *Air Conditioning* yang terdapat pada pabrik, kemudian melakukan pengukuran pada panel utama dan beban, serta menganalisis hasil pengamatan dan pengukuran. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui karakteristik beban seperti *name plate*, jumlah beban dan jam operasi. Pengukuran dilakukan dengan mengambil data berupa tegangan, arus dan $\cos \Phi$. Waktu pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk mengetahui konsumsi energi pada panel utama dan pada beban diambil satu kali untuk setiap beban. Dari hasil pengamatan dan pengukuran dapat dihitung konsumsi energi untuk mengetahui Konsumsi Energi Spesifik (KES). Jika konsumsi energinya tidak memenuhi standar maka dapat dicari potensi penghematan energi dengan menganalisis pada setiap beban. Analisis beban motor dilakukan dengan mencari daya masukan motor. Pada lampu dan *Air Conditioning* dilakukan dengan mencari Intensitas Konsumsi Energinya (IKE). Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui konsumsi energi setiap beban dan dapat dicari solusi penghematan energinya. Dari hasil analisis didapatkan Konsumsi Energi Spesifik (KES) sebesar 0,92 GJ/ton produksi dan dapat dikatakan boros karena melebihi batas standar. Setelah perhitungan dan analisis pada beban didapatkan potensi penghematan energi pada beban motor, lampu dan *Air Conditioning*. Penghematan dilakukan karena masih terdapat penggunaan konsumsi motor yang tidak efisien, masih banyak menggunakan lampu merkuri dan penggunaan kapasitas *Air Conditioning* yang besar. Usaha penghematan energi pada industri ini dilakukan pada beban motor, penerangan dan *Air Conditioning*. Dari hasil penghematan didapatkan penghematan pada motor listrik sebesar 26,84 % atau 6.038.628,14 kWh/giling, pada penerangan adalah 75,27% atau 261.152,67 kWh/giling, dan pada *Air Conditioning* adalah 19,66% atau 11.203,03 kWh/giling. Rekomendasi penghematan pada motor dilakukan dengan pemasangan frekuensi *inverter*, pada lampu dengan mengganti lampu hemat energi atau LED dan pada *Air Conditioning* dengan *Air Conditioning* berteknologi *inverter*.

Kata Kunci—Konsumsi Energi Spesifik (KES), Intensitas Konsumsi Energi (IKE), motor, lampu, *Air Conditioning* (AC).

SUMMARY

Budi Agung Raharjo, Electrical Engineering Department, Engineering Faculty Brawijaya University, January 2014, *Consumption and Energy Saving Analysis Study in PT. P.G. Krebet Baru I*, Supervisor: Unggul Wibawa, Ir.,M.Sc. and Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D.

The Industry is one of the major users of electrical energy. In an industry needs audit energy and energy savings. An audit of energy in industry held to find out how big its energy consumption. The result of an audit energy used to find out the potential energy saving and solution of energy saving. The research was conducted at PT. P.G. Krebet Baru I in December 2013. Research conducted by observing electric motors, lightings and Air Conditioning (AC) in factory, then make measurements on main panel and loads, also analyze the results of observation and measurements. The observation is performed to determine the characteristics of the loads like a name plate, the amount of the load and operational times. The measurement is done by taking data of voltage, current, and $\cos \Phi$. Time measurement is carried out three times to know the energy consumption on the main panel and on the load is taken one time for each load. The result of observations and measurements can be known the energy consumption to find Specific Energy Consumption (SEC). If the energy consumption out of standards then it can be searched for potential energy savings with analyses on every loads. Analysis of the loads of electric motor can be done by searching input power motor. At the lighting and Air Conditioning can be done by searching Intensity Energy Consumption (IEC). The results of analysis can be known the energy consumption on loads and energy saving solutions. The result of research obtained Spesific Energy Consumption (SEC) as much as 0,92 gj/tons of production and can be said to be wasteful because exceeds the standard. After a calculation and analysis on the loads can be acquired a potential energy savings on an electric motors, a lightings and Air Conditionings (AC). The savings can be done because there are electric motors still consumption inefficient, use a mercury lamp and Air Conditioning (AC) with a large capacity. Energy saving on industrial can be done by the electric motor, lighting and air conditioning (AC). The result of analysis are found on electric motor 26,84% savings or 6.038.628,14 kWh/milled, the lighting is 75,27% savings or 261.152,67 kWh/milled and the Air Conditioning is 19,66% savings or 11.203,03 kWh/milled. Savings recommendations on motor is done by installing the frequency inverter, on lighting is replace with energy saving lamp or LED and Air Conditioning with AC inverter technology.

Keywords—Specific Consumption Energy (SEC), Intensity Energy Consumption (IEC), Electric motor, Lighting, dan Air Conditioning (AC).

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi adalah suatu besaran yang dimiliki oleh setiap benda, namun energi yang dikandung oleh setiap benda tersebut ada yang dapat dimanfaatkan dengan langsung dan ada yang memerlukan adanya suatu proses konversi energi terlebih dahulu.

Salah satu bentuk energi yang sering dimanfaatkan bagi kehidupan manusia pada zaman modern ini adalah energi listrik. Contohnya adalah alat penerangan, pompa, kipas angin, *rice cooker*, *air conditioning*, radio, televisi, komputer, industri, transportasi, kesehatan, pertanian, komunikasi, dan berbagai bidang kehidupan lainnya, tidak akan terlepas dari penggunaan energi listrik.

Seiring berkembangnya zaman, terjadi proses yang sebaliknya terhadap energi listrik yaitu semakin tidak seimbang penggunaan energi listrik dengan pembangkitannya. Hal ini disebabkan semakin banyaknya penggunaan energi listrik dalam kegiatan sehari-hari, oleh karena itu perlu adanya tindakan yang tepat untuk mengatur penggunaan dan pelestarian terhadap energi tersebut. Dengan terjadinya proses tersebut dari tahun ke tahun maka pemerintah mengeluarkan kebijakan – kebijakan tentang energi yang berisikan tentang peraturan penggunaan, konservasi, penghematan, pemeliharaan, manajemen dan lain-lain.

Salah satu upaya pemerintah terhadap energi adalah dengan tindakan konservasi energi yang pada dasarnya adalah pengurangan biaya melalui strategi manajemen energi. Konservasi energi juga memberikan orientasi positif untuk pengurangan biaya energi, pemeliharaan berkala, dan program pengontrolan kualitas (*quality control*). Konservasi energi dapat dicapai melalui penggunaan teknologi hemat energi dalam penyediaan, baik dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan dan menerapkan budaya hemat energi dalam pemanfaatan energi. Penerapan konservasi energi meliputi perencanaan, pengoperasian, dan pengawasan dalam pemanfaatan energi.

Pada sebuah industri, efektifitas dan efisiensi pemakaian energi sangat penting. Tidak hanya dari sisi perencanaan, namun juga sisi operasionalnya. Kegiatan audit dan konservasi energi di sektor industri pada lingkup operasi dan pemeliharaan perlu dilakukan untuk mendapatkan pola pemakaian energi listrik dan analisis potensi penghematan energi listrik. PT. P.G. Krebet Baru I ini merupakan industri yang

bergerak pada bidang makanan dimana industri ini membuat gula. Dalam skripsi ini akan dilakukan pembelajaran tentang studi analisis konsumsi dan penghematan energi di PT. P.G. Kretet Baru I. Dari pembelajaran ini diharapkan dapat mengetahui konsumsi energi dari suatu industri dan mengetahui potensi penghematan energi.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang disusun adalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar Konsumsi Energi Spesifik (KES) di PT. P.G. Kretet I.
2. Seberapa besar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada lampu dan AC di PT. P.G. Kretet Baru I.
3. Adakah potensi penghematan energi listrik dan bagaimana tindakan penghematan energi listrik.

1.3. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini mencapai sasaran yang diharapkan, maka batasan masalah yang perlu diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Obyek penelitian hanya pada motor, pencahayaan dan *Air Conditioning* (AC).
2. Obyek yang diukur adalah tegangan, intensitas cahaya, arus, dan daya.
3. Data yang diambil langsung dari PT. P.G. Kretet Baru I.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar Konsumsi Energi Spesifik dan Intensitas Konsumsi Energi pada lampu dan AC serta mencari potensi penghematan energi guna memberikan rekomendasi penghematan energi.

1.5. Manfaat

Hasil studi ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam melakukan tindakan konservasi energi pada suatu industri pada umumnya dan PT. P.G. Kretet I pada khususnya.

1.6. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bab I Pendahuluan** : Berisi latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika pembahasan.
- Bab II Tinjauan Pustaka** : Berisi tinjauan pustaka atau dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung penghematan energi.
- Bab III Metode Penelitian** : Berisi tahapan penyelesaian skripsi ini yang meliputi studi literatur, survei kondisi sistem dan pengambilan data.
- Bab IV Analisis** : Berisi pembahasan, analisis dengan memperhatikan hasil survei dari yang telah diselesaikan serta pembuatan rekomendasi.
- Bab V Kesimpulan dan Saran** : Berisi kesimpulan dari penelitian yang akan dilaksanakan beserta saran dari penulis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konservasi Energi

Konservasi energi menurut PP 70 Tahun 2009 adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Tujuan konservasi energi adalah untuk memelihara kelestarian sumber daya alam yang berupa sumber energi melalui kebijakan pemilihan teknologi dan pemanfaatan energi secara efisien, rasional, untuk mewujudkan kemampuan penyediaan energi. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatkan efisiensi dan keuntungan.

Penghematan energi merupakan unsur yang penting dari sebuah kebijakan energi. Penghematan energi menurunkan konsumsi energi dan permintaan energi per kapita sehingga dapat menutupi peningkatan kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi. Hal ini mengurangi naiknya biaya energi, dan dapat mengurangi kebutuhan pembangkit energi atau impor energi. Berkurangnya permintaan energi dapat memberikan fleksibilitas dalam memilih metode produksi energi.

Selain itu, dengan mengurangi emisi, penghematan energi merupakan bagian penting dari mencegah atau mengurangi perubahan iklim. Penghematan energi juga memudahkan digantinya sumber-sumber tak dapat diperbaharui dengan sumber-sumber yang dapat diperbaharui. Penghematan energi merupakan cara paling ekonomis dalam menghadapi kekurangan energi dan merupakan cara yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan meningkatkan produksi energi. Oleh karena itu, disamping harus secepatnya mengembangkan sumber-sumber energi dari bahan bakar non fosil seperti biomassa, biogas, dan sebagainya, harus juga berusaha untuk dapat mengoptimalkan penggunaan energi secara lebih tepat, cermat, hemat dan efisien dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi.

2.2. Audit Energi

Ruang lingkup audit energi meliputi kompleksitas perhitungan dan evaluasi tingkat ekonomi dimana semua masalah yang dapat ditangani berbeda oleh setiap auditor dan harus ditentukan sebelum memulai kegiatan audit apapun. Hal ini akan meninjau berbagai pendekatan dengan audit energi dan menguraikan pendekatan standar untuk mengatur dan melaksanakan audit energi. Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sebuah proses untuk mengevaluasi di mana sebuah bangunan atau pabrik yang menggunakan energi, dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi.

Hubungan langsung dengan biaya audit adalah berapa banyak data yang dikumpulkan, dianalisis, dan jumlah konservasi untuk mengidentifikasi peluang. Dengan demikian, pertama – pertama membuat perbedaan antara biaya audit yang menentukan jenis audit yang akan dilakukan. Kedua perbedaan antara jenis fasilitas. Sebagai contoh, audit bangunan dapat menekankan pada selubung bangunan, penerangan, pemanasan, dan persyaratan ventilasi. Di sisi lain, audit dari industri atau pabrik menekankan pada persyaratan proses. (Thumann, 2003:1)

2.3. Tingkatan Audit

2.3.1. Audit Tingkat 1

Audit tingkat 1, seringkali disebut sebagai garis besar, membolehkan seluruh pemakaian energi pada suatu area untuk dievaluasi, untuk melihat apakah penggunaan energi masih rasional atau berlebihan sehingga pengaruh dari pengukuran energi dapat dilacak dan dievaluasi. Catatan: Audit tingkat 1 diharapkan memberikan garis besar singkat, yang memberikan perintah umum penghematan dan pembiayaan. Penyimpangannya secara umum sekitar 40%.

2.3.2. Audit Tingkat 2

Audit tingkat 2, mengidentifikasikan sumber dari energi pada suatu area, besarnya pasokan energi, dan penggunaan dari energi tersebut. Pada tingkat ini juga mengidentifikasikan lokasi mana saja yang memungkinkan adanya penghematan, merekomendasikan tindakan yang harus dilakukan, dan memberikan pernyataan biaya dan kemungkinan penghematan. Catatan: Audit tingkat 2 adalah survey penggunaan energi, dimana diharapkan memberikan pengkajian awal dari pembiayaan dan penghematan. Penyimpangannya secara umum sekitar 20%.

2.3.3. Audit Tingkat 3

Audit tingkat 3, memberikan analisis yang detail tentang penggunaan energi, penghematan yang bisa dilaksanakan, dan biaya yang dicapai dari penghematan tersebut. Penghematan ini mungkin meliputi seluruh area atau mungkin dikhususkan pada suatu bagian, seperti pada satu proses industri atau salah satu pelayanan saja.

Laporan dari audit tingkat 3 sering dipakai menjadi acuan untuk pengambilan keputusan untuk investasi tertentu oleh pemilik atau kontraktor kinerja energi. Dibutuhkan analisis ekonomi yang detail dengan tingkat keakuratan yang sesuai. Catatan: Audit tingkat 3 diharapkan menyediakan gambaran perkiraan penghematan dan pembiayaan. Penyimpangannya lebih dari 10% untuk pembiayaan dan kurang dari 10% untuk penghematan. (Standars New Zealand, 2000:8)

2.4. Konsumsi Energi Spesifik (KES)

Berdasarkan *Working Paper "Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking"* yang dibuat oleh United Nations Industrial Development Organization tahun 2010 Indeks energi atau Konsumsi Energi Spesifik (KES) merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya pemakaian energi yang diperlukan untuk memproduksi gula. Untuk mengukur besarnya Konsumsi Energi Spesifik industri dapat dilakukan jika diketahui :

1. Besarnya konsumsi energi industri selama proses periode tertentu (kWh/periode, GJ/periode)
2. Besarnya jumlah produksi total yang diproses selama periode tertentu (Ton/periode)

Untuk menghitung Konsumsi Energi Spesifik (KES) industri dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Konsumsi Energi Spesifik} = \frac{\text{Konsumsi energi}}{\text{jumlah produksi}} \quad (2-1)$$

Tabel 2.1 Konsumsi Energi Spesifik Sektor Makanan

Makanan	Energi Listrik (GJ/Ton)	Energi Panas (GJ/Ton)	Total
Minyak	0,20	2,70	2,90
Gula	0,60	5,30	5,90
Kopi	0,52	2,00	2,52

Sumber: United Nations Industrial Development Organization (2010:57)

Keterangan : 1Wh/ton = 3600J/ton

2.5. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya jumlah penggunaan energi tiap meter persegi luas kotor (*gross*) bangunan dalam suatu kurun waktu tertentu. (SNI 03-6196, 2000:5)

Penggunaan energi dapat dihitung jika diketahui :

1. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m^2).
2. Konsumsi Energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun (kWh/m^2 /tahun).
4. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

$$IKE(kWh/m^2) = \frac{\text{total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas lantai total (m}^2\text{)}} \quad (2-2)$$

Hasil pengumpulan data, selanjutnya ditindak lanjuti dengan penghitungan besarnya IKE, dan penyusunan profil penggunaan energi bangunan gedung. Apabila besarnya IKE hasil penghitungan ternyata sama atau kurang dari IKE target, maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan atau diteruskan untuk memperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Bila hasilnya lebih dari IKE target, berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi rinci berikutnya untuk memperoleh penghematan energi.

Tabel 2.2 Standar Intensitas Konsumsi Energi

STANDAR INTENSITAS KONSUMSI ENERGI			
NO	Kriteria	Ruang Ber AC (kWh/m^2 /bulan)	Ruang Tanpa AC (kWh/m^2 /bulan)
1	Sangat efisien	4,17 – 7,92	0,84 – 1,67
2	Efisien	7,93 – 12,08	1,67 – 2,5
3	Cukup efisien	12,08 – 14,58	-
4	Sedikit boros	14,58 – 19,17	-
5	Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34
6	Sangat boros	23,75 – 37,5	3,34 – 4,17

Sumber : Elyza (2005:28)

2.6. Macam – Macam Daya Listrik

Daya listrik dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan oleh persamaan (Mismail, 1995:192)

$$S = P \pm jQ \quad (2-3)$$

dimana : $P =$ daya aktif/nyata (Watt)
 $Q =$ daya reaktif (VAR)
 $S =$ daya semu (VA)

Besar kecilnya daya reaktif yang diserap oleh beban mengakibatkan faktor daya sistem berbeda. Faktor daya minimal yang harus dipenuhi oleh beban yang tersambung ke jaringan PLN di Indonesia adalah minimal 0.85 *lagging*. Bagi beban memiliki faktor daya kurang dari 0.85 *lagging* perlu dipasang kompensasi daya reaktif di sisi beban. Keuntungan lain dari pemasangan kompensasi daya reaktif adalah menurunkan jatuh tegangan (menaikkan tegangan), mengurangi rugi-rugi saluran, menambah penyediaan kapasitas daya (VA). Sedangkan untuk mencari nilai energi (W), digunakan persamaan (Mismail, 1995:184) berikut:

$$W = \int_0^t P dt \quad \text{untuk kondisi } P \text{ berubah – ubah terhadap } t$$

$$W = P \times t \quad \text{untuk kondisi } P \text{ konstan} \quad (2-4)$$

dimana: $W =$ energi listrik (kWh)

$P =$ daya yang digunakan (kW)

$t =$ waktu (jam)

2.7. Macam – Macam Beban

Dalam distribusi tenaga listrik secara umum beban diklasifikasikan menjadi empat macam yaitu beban perumahan, beban industri, beban komersil dan beban publik masing masing jenis beban ini mempunyai karakteristik atau pola pembebanan yang berbeda. Hal ini karena pemakaian listrik yang berbeda dari masing-masing jenis beban tersebut. (Pabla, 1994:7)

Untuk lebih memahami masing-masing jenis beban perumahan, industri, komersil dan publik dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Beban Perumahan

Beban perumahan atau beban residential adalah beban listrik di daerah perumahan. Peralatan pada beban ini umumnya terdiri dari lampu penerangan, televisi, lemari es, mesin cuci, kompor listrik, motor-motor listrik kecil dan sebagainya. Faktor beban berkisar antara 10% sampai 15%.

2. Beban Industri

Beban industri adalah beban listrik yang berasal dari peralatan listrik di daerah industri. Beban listrik pada daerah ini berupa penerangan, pemanas,

motor- motor listrik, dan lainnya. Pada beban industri faktor beban berkisar antara 70% sampai 80%.

3. Beban Komersil

Beban komersil atau beban usaha adalah beban listrik pada daerah pertokoan, hotel dan sebagainya. Beban yang terpasang umumnya terdiri dari lampu penerangan, kipas angin, *air conditioning* (AC), *lift*, lampu reklame dan sebagainya. Pada beban komersil faktor beban umumnya berkisar antara 25% sampai 30%.

d. Beban Publik

Beban publik adalah beban listrik fasa kantor-kantor pemerintah dan fasilitas lainnya seperti sekolah, rumah sakit, panti asuhan, penerangan jalan dan sebagainya. Pada beban publik faktor beban umumnya berkisar antara 10% sampai 25%.

2.8. Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah benda yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar pompa, kipas atau blower, menggerakkan kompresor, mixer, bor, kipas angin dan lain-lainnya. Motor listrik kadangkala disebut "Pekerjaan kuda" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor menggunakan energi listrik sekitar 70% dari total energi listrik yang dikonsumsi oleh industri tersebut. (United Nation Environment Programme *Electric Motors*, 2006:1)

2.8.1. Motor DC

Motor DC atau motor arus searah digunakan pada beberapa aplikasi industri karena kecepatannya yang mudah diubah-ubah. Motor DC membutuhkan sumber DC untuk mengeksitasi belitan medan dan untuk mensuplai daya ke belitan jangkar melalui sikat dan komutator. (United Nation Environment Programme *Electric Motors*, 2006:3)

2.8.2. Motor AC

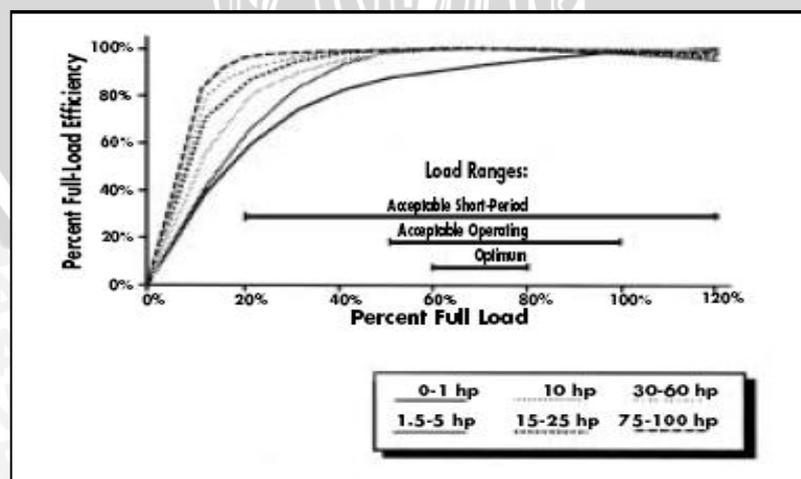
Motor AC menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi adalah motor yang

paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi tiga fasa terdiri dari motor induksi tiga fasa rotor sangkar (*squirrel cage rotor*) dan rotor belitan (*wound rotor*). (United Nation Environment Programme *Electric Motors*, 2006:6)

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah (United Nation Environment Programme *Electric Motors*, 2006:10):

1. Usia; Motor baru lebih efisien.
2. Kapasitas; Sebagaimana pada kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan; Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis; Sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin geser
5. Suhu; Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total lebih efisien daripada motor *screen protected drip-proof* (SPDP).

Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pembuatnya. Karena sulit untuk mengkaji efisiensi motor pada kondisi operasi yang normal, beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Dengan meningkatnya beban, faktor daya dan efisiensi motor bertambah sampai nilai optimumnya pada sekitar beban penuh. Survei beban motor dilakukan untuk mengukur beban operasi berbagai motor di seluruh pabrik.



Gambar 2.1 Grafik Efisiensi Motor Beban Sebagai Fungsi dari Efisiensi Beban Penuh

Sumber: United Nation Environment Programme *Electric Motors* (2006:11)

Gambar 2.1 merupakan grafik perbandingan efisiensi motor dalam keadaan beroperasi untuk beban motor yang berbeda dan untuk kapasitas motor yang berbeda-beda. Beberapa motor listrik didesain untuk beroperasi pada 50% hingga 100% beban nominal. Efisiensi maksimum adalah yang mendekati 75% pada beban nominal. Efisiensi motor cenderung menurun untuk operasi pembebanan di bawah 50% dan akan mengakibatkan penurunan faktor dayanya.

Untuk menghitung beban motor dapat dilakukan secara langsung atau dengan menggunakan metode pengukuran daya masuk. Pengukuran secara langsung dilakukan jika memiliki keseluruhan komponen yang digunakan dalam persamaan (United Nation Environment Programme *Electric Motors*, 2006:13) :

$$\eta = \frac{\text{Load}}{P_i} \times 100\% \quad (2-5)$$

Dimana: *Load* : Daya yang keluar sebagai % daya nominal (kW)

P_i : Daya masuk tiga fasa (kW)

η : Efisiensi operasi motor (%)

jika kesulitan dalam mengetahui besar efisiensi secara langsung, maka dapat dilakukan metode pengukuran daya masuk untuk menghitung beban terlebih dahulu. Tahap pertama adalah menentukan daya masuk dengan menggunakan persamaan:

$$P_i = \frac{V \times I \times \text{COS } \Phi \times \sqrt{3}}{1000} \quad (2-6)$$

Dimana: P_i : Daya tiga fasa (kW)

V : Nilai tegangan terukur (volt)

I : Nilai arus terukur (ampere)

$\text{COS } \Phi$: Faktor daya dalam desimal

Tegangan dan arus pada persamaan daya masuk di atas didapat dari pengukuran. Lalu menentukan nilai daya masuk dengan mengambil nilai pada *nameplate* dengan menggunakan persamaan:

$$P_r = \text{hp} \times \frac{0,746}{\eta_r} \quad (2-7)$$

Dimana: P_r : Daya masuk pada beban penuh (kW)

HP : Nilai daya pada *nameplate* (HP)

η_r : Efisiensi pada beban penuh

Selanjutnya menentukan daya keluar yang dinyatakan dalam %, yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$Load = \frac{P_i}{P_r} \times 100\% \quad (2-8)$$

Dimana: *Load* : Daya keluar yang dinyatakan dalam % nilai daya nominal

P_i : Daya tiga fasa terukur (kW)

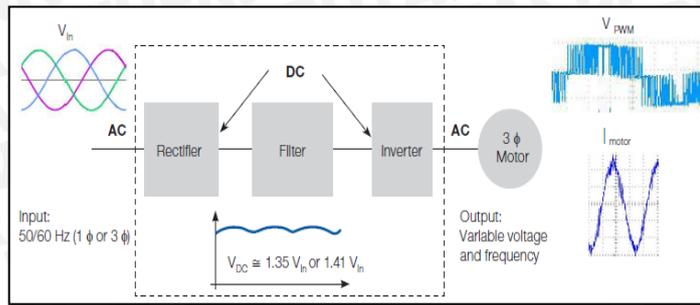
P_r : Daya masuk pada beban penuh (kW)

2.8.3. Penggunaan *Frequency Inverter* pada Motor Induksi Tiga Fasa

Jumlah aplikasi pengontrolan kecepatan variabel yang menggunakan *frequency inverter* pada industry semakin meningkat selama beberapa tahun terakhir ini. Keuntungan dari menggunakan pengontrolan kecepatan variable adalah sebagai berikut: (Werner Eggon Geraldo, 2009:6)

1. Pengontrolan tersendiri: Pengontrol dapat dipasang tersendiri di lokasi yang sesuai, tidak seperti sistem pengatur kecepatan mekanik atau hidrolis.
2. Penurunan biaya; proses *starting* pada motor induksi menyebabkan puncak arus yang dapat membahayakan motor dan peralatan elektronik lain yang terhubung dengan sistem. *Frequency inverter* memberikan *starting* yang lebih pelan yang dapat mengurangi kemungkinan untuk pemeliharaan lanjut akibat efek *starting*.
3. Peningkatan produktivitas: sistem industri terkadang menggunakan motor yang *oversized* karena perkiraan kebutuhan di masa depan. *Inverter* ini memberikan aturan yang sesuai untuk kecepatan operasi menurut peralatan yang ada dan kebutuhan produksi.
4. Efisiensi energi: efisiensi global pada sistem daya tidak hanya bergantung pada motor, namun juga dari pengontrolannya. *Inverter* adalah peralatan yang memiliki efisiensi tinggi, sekitar 97%. Motor induksi juga menghasilkan level efisiensi yang tinggi, hingga 95%. Jika diminta adanya perubahan kecepatan, *output* berubah dengan cara yang optimal sehingga mempengaruhi konsumsi energi dan mengakibatkan peningkatan efisiensi.
5. Serbaguna: *Frequency inverter* cocok untuk torsi beban yang konstan atau berubah-ubah. Dengan torsi beban yang berubah-ubah, tegangan motor menurun untuk mengkompensasi pengurangan efisiensi yang merupakan resultan dari penurunan beban. Dengan torsi yang konstan, perbaikan efisiensi sistem datang dari pengaturan kecepatan yang kontinyu, dengan tidak menggunakan motor

banyak atau sistem kecepatan variabel yang mekanis yang dapat menghasilkan rugi-rugi tambahan.

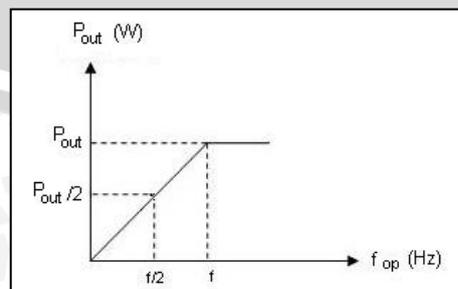


Gambar 2.2 Sistem Kerja *Inverter* untuk Motor Induksi Tiga Fasa

Sumber: Werner Eggon Geraldo (2009:7)

Gambar 2.2 adalah sistem kerja *inverter* yang dipasang untuk mencatu motor induksi tiga fasa. Awalnya, sumber sinusoida yang berasal dari jala-jala dihubungkan pada blok pengendali yang terdiri penyearah, *filter*, dan *inverter*. Penyearah digunakan untuk mengubah tegangan AC ke DC dan *filter* digunakan untuk mengurangi *ripple* yang dihasilkan saat proses penyearahan. Selanjutnya dihubungkan ke *inverter* yang menghasilkan tegangan dan frekuensi yang variabel untuk selanjutnya dicatukan ke motor induksi tiga fasa yang kecepatan putarannya dapat diubah-ubah berdasarkan frekuensinya.

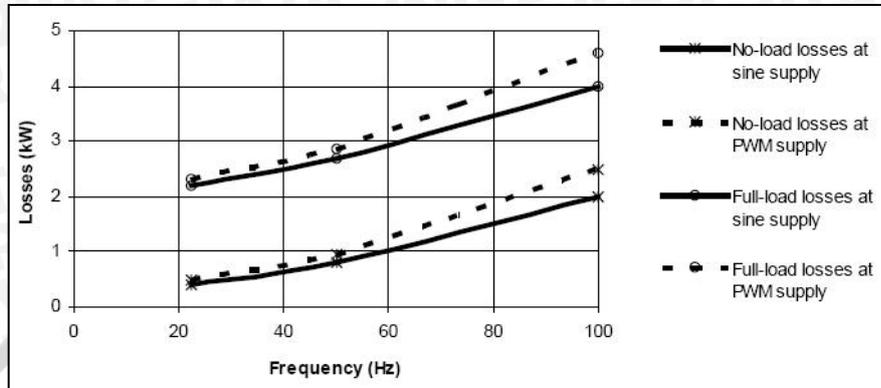
Ada dua tipe pengontrolan *inverter* yaitu skalar (*loop* terbuka) dan vektor (*loop* terbuka dan tertutup). Pengontrolan skalar adalah pengontrolan dimana sinyal pada tegangan atau rasio frekuensi tertentu dibebankan pada terminal motor dan rasio ini dijaga konstan di seluruh frekuensi tersebut untuk menjaga fluks magnetisasi motor agar tidak berubah tiba-tiba. Pengontrolan ini diaplikasikan ketika tidak ada kebutuhan respon yang tinggi untuk perubahan torsi dan kecepatan. Pengontrolan vektor memungkinkan respon tinggi dan level keakuratan yang tinggi pada kecepatan motor dan pengontrolan torsi.



Gambar 2.3 Perbandingan Antara Frekuensi dan Daya Keluaran Motor yang Diberi Suplai *Inverter*

Sumber: Werner Eggon Geraldo (2009:12)

Berdasarkan gambar di atas, maka secara sederhana dapat dinyatakan bahwa frekuensi berbanding lurus terhadap daya keluaran. Makin besar frekuensi kerja yang digunakan, makin besar pula daya keluarannya. Pada titik tertentu, makin besar frekuensi tidak mempengaruhi daya keluaran.



Gambar 2.4 Perbandingan Rugi – Rugi pada Motor yang Disuplai PWM Dengan Sumber Sinusoida
 Sumber: Werner Eggon Geraldo (2009:11)

Berdasarkan gambar di atas, dapat dikatakan bahwa rugi-rugi yang dihasilkan oleh motor saat diberi catu PWM lebih kecil daripada saat tidak diberi PWM, baik saat motor berbeban nol atau berbeban penuh. Makin besar frekuensi kerja yang diberikan, rugi-rugi yang dihasilkan akan makin besar pula.

2.9. Koreksi Faktor Daya

Operasi yang tidak efisien pada sistem distribusi elektrik salah satunya merupakan dampak dari faktor daya yang rendah. Pada sistem dengan faktor daya rendah dibutuhkan arus yang lebih besar untuk menghasilkan daya yang sama dengan sistem berfaktor daya tinggi. (Thumann, 2003:193)

$$P = V_{Load} \cdot I_{Load} \cdot \cos \theta \tag{2-9}$$

Pada beberapa aplikasi industri, faktor daya yang rendah merupakan hasil dari penggunaan motor induksi. Karakteristik motor induksi adalah faktor dayanya yang kurang dari satu, menyebabkan efisiensi keseluruhan yang lebih rendah (dan biaya operasi keseluruhan yang lebih tinggi) untuk seluruh sistem listrik pabrik.

Ada beberapa cara untuk melakukan koreksi faktor daya. Cara yang pertama adalah melakukan pergantian motor yang memiliki kapasitas terlalu besar dengan kapasitas yang dibutuhkan. Cara kedua adalah mengganti motor desain biasa dengan motor pabrikan yang memiliki desain efisien. Untuk cara kedua ini membutuhkan biaya investasi yang lebih besar namun dapat membantu meningkatkan faktor daya dan

efisiensi. Cara ketiga adalah dengan memasang kapasitor. Kapasitor yang disambung secara paralel (*shunt*) dengan motor kadangkala digunakan untuk memperbaiki faktor daya.

Manfaat dari koreksi faktor daya meliputi penurunan kebutuhan kVA (jadi mengurangi biaya kebutuhan utilitas), penurunan kehilangan I^2R pada kabel di bagian hulu kapasitor (jadi mengurangi biaya energi), berkurangnya penurunan tegangan pada kabel (mengakibatkan pengaturan tegangan meningkat), dan kenaikan dalam efisiensi keseluruhan sistem listrik pabrik.

Manajemen energi untuk motor listrik meliputi penjadwalan beban, pemeliharaan motor berkala, penanganan faktor daya, kesetimbangan tegangan *supply*, dan efisiensi pemakaian motor. Penjadwalan pembebanan motor mengakibatkan motor digunakan sesuai dengan kapasitasnya dan efisien dalam penggunaan sehingga tidak terjadi pemborosan. Pemeliharaan berkala akan sangat menguntungkan karena *losses* akibat faktor listrik dapat ditekan. Penanganan faktor daya dengan pemasangan kapasitor akan efektif dalam pemakaian konsumsi daya listrik (United Nation Environment Programme *Electric Motors*, 2006:18).

2.10. Beban Penerangan

Cahaya adalah suatu gejala fisis. Suatu sumber cahaya memancarkan energi. Sebagian dari energi dirubah menjadi cahaya tampak. Perambatan cahaya diruang bebas dilakukan oleh gelombang – gelombang elektromagnetik. Jadi cahaya itu adalah suatu gejala getaran. Gejala – gejala getaran yang sejenis dengan cahaya ialah gelombang – gelombang panas, radio, televisi, radar dan sebagainya. Gelombang – gelombang ini hanya berbeda frekuensinya saja. (Harten, 1985:1)

Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

1. **Pijar** padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
2. **Muatan Listrik**: Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
3. **Electro luminescence**: Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.

4. **Photoluminescence:** Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan, dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Hal tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*. (United Nation Environment Programme Lighting, 2006:2).

2.10.1. Tingkat Pencahayaan

Hukum kuadrat terbalik mendefinisikan hubungan antara pencahayaan dari sumber titik dan jarak. Rumus ini menyatakan bahwa intensitas cahaya per satuan luas berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumbernya (pada dasarnya jari-jari).

$$E = \frac{I}{d^2} \tag{2-10}$$

dimana E = Tingkat Pencahayaan(lux) ,

I = Fluks cahaya(lumen) dan

d = luas bidang(m²)

(Thumann, 2003:163)

Tingkat pencahayaan memiliki standar minimum yang direkomendasikan, salah satunya standar yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia yaitu SNI 03-6197-2000 pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tingkat Pencahayaan Rata-Rata yang Direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan(luks)	Keterangan
Ruang kerja	350	
Ruang computer	350	
Ruang rapat	350	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Ruang arsip	150	
Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan(luks)	Keterangan
Ruang arsip aktif	300	
Gudang	100	
Pekerjaan Kasar	100-200	
Pekerjaan Sedang	200-500	
Pekerjaan Halus	500-1000	
Pekerjaan Amat Halus	1000-2000	

Sumber: SNI 03-6197 (2000:4)



2.10.2. Efisiensi Penerangan

Efisiensi penerangan atau yang disebut juga efikasi luminus menunjukkan efisiensi penerangan dari pengalihan energi listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam lumen per watt (lux/W/m^2). Banyaknya cahaya yang dihasilkan oleh suatu lampu disebut fluks luminus dengan satuan lumen. Efisiensi penerangan lampu bertambah dengan bertambahnya daya lampu.. Untuk menghitung jumlah lampu yang diperlukan (n) dapat menggunakan persamaan (United Nation Environment Programme *Lighting*, 2006:20):

$$n = \frac{E \times A}{L_u \times LLF \times C_u} \quad (2-11)$$

Dimana:

n = jumlah lampu

E = Iluminasi (lux)

A = Luas permukaan (m^2)

L_u = efisiensi per lampu (lumen)

C_u/UF = (coefficient of utility) faktor penggunaan peralatan yang digunakan.

LLF = (light loss factor) Faktor kehilangan cahaya. Kehilangan ini disebabkan lampu yang sudah lama dan penumpukan kotoran pada peralatan dan dinding. Nilai LLF untuk kantor ber AC 0,8 ; Industri bersih 0,7 dan Industri kotor 0,6.

UF (*utilization factor*) atau (coefficient of utility) biasanya telah ditentukan sendiri oleh pihak pabrik dengan mengacu pada suatu indeks ruang yang dinyatakan sebagai: (United Nation Environment Programme *Lighting*, 2006:19)

$$\text{indeks ruang (k)} = \frac{\text{panjang} \times \text{lebar}}{\text{tinggi} \times (\text{panjang} + \text{lebar})} \quad (2-12)$$

Nilai pantulan juga bervariasi yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.4 Faktor Refleksi pada Beberapa Tempat

	R_p	R_w	R_m
Kantor Ber-AC	0,7	0,5	0,2
Industri ringan	0,5	0,3	0,1
Industri berat	0,3	0,2	0,1

Sumber : United Nation Environment Programme *Lighting Lighting* (2006:19)

Sedangkan efisiensi untuk masing–masing lampu ditentukan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Efisiensi Penerangan pada Lampu

k	Efisiensi Penerangan untuk Keadaan Baru									Faktor Depresiasi			
	r_p	0,7			0,5			0,3			1thn	2thn	3thn
	r_w	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1			
	r_m	0,1			0,1			0,1					
0,5		0,32	0,26	0,22	0,29	0,24	0,21	0,27	0,23	0,20			
0,6		0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,26	0,32	0,28	0,25	Pengotoran ringan		
0,8		0,46	0,41	0,36	0,43	0,38	0,35	0,40	0,36	0,33	0,90	0,80	0,75
1		0,53	0,48	0,44	0,49	0,45	0,42	0,46	0,42	0,39			
1,2		0,58	0,52	0,48	0,54	0,49	0,46	0,50	0,46	0,43	Pengotoran sedang		
1,5		0,62	0,58	0,54	0,58	0,54	0,51	0,54	0,51	0,48	0,80	0,75	0,65
2		0,68	0,64	0,60	0,63	0,59	0,57	0,58	0,55	0,53			
2,5		0,71	0,67	0,64	0,66	0,63	0,60	0,61	0,59	0,57	Pengotoran berat		
3		0,73	0,70	0,67	0,68	0,65	0,63	0,63	0,61	0,59	x	X	X
4		0,76	0,74	0,71	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62			
5		0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64			

Sumber : Harten (1995:44)

2.11. Beban AC (*Air Conditioning*)

Sistem AC di gedung terdiri dari konversi energi peralatan, yang mengubah energi listrik atau kimia untuk termal, dan distribusi dan sistem ventilasi, yang mana menyalurkan energi panas dan pasokan udara segar dari luar ke ruangan. Energi dapat disimpan dalam sistem AC dengan mengurangi kebutuhan ventilasi, meningkatkan kinerja peralatan pendingin seperti AC yang menggunakan sistem pendingin hemat energi, dan mengurangi terjadinya pemanasan ulang atau *recooling*. (Thumann, 2003:27)

Langkah penghematan energi dalam menggunakan AC sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Alam Republik Indonesia No. 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi, yaitu:

1. Menggunakan AC hemat energi (*AC Inverter*) dan daya yang sesuai dengan ruangnya
2. Meletakkan unit kompresor AC pada lokasi yang tidak terkena cahaya langsung
3. Mengatur suhu ruang ber-AC antara 25 – 27°C

4. Menggunakan *Timer switch* untuk mengatur waktu “hidup dan mati” AC
5. Memastikan udara luar tidak masuk ke dalam ruangan ber-AC
6. Mematikan AC jika ruangan tidak digunakan

Pada peralatan pendingin (AC) berusia lebih dari 10 tahun, pemakaian energi akan lebih besar 30-50% dibandingkan dengan peralatan pendingin terkini. Untuk itu, laksanakan program penggantian peralatan pendingin (AC) dengan pendingin hemat energi dengan teknologi terbaru. Untuk mengetahui berapa PK yang dibutuhkan dalam suatu ruang, maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Susanta, 2007:51):

$$PK_{AC \text{ yang dibutuhkan}} = P \times L \times 500 \quad (2-14)$$

(BTU/hr–British Thermal Unit per hour)

$$PK_{AC \text{ yang dibutuhkan}} = \text{Daya AC (BTU/jam)}$$

$$p = \text{panjang ruangan (m)}$$

$$l = \text{lebar ruangan (m)}$$

Keterangan :

$$1 \text{ PK} = 736 \text{ watt ; } 1 \text{ Meter} = 3,28 \text{ Feet}$$

Kapasitas AC berdasarkan PK:

$$AC \frac{1}{2} \text{ PK} = 5.000 \text{ BTU/h}$$

$$AC \frac{3}{4} \text{ PK} = 7.000 \text{ BTU/h}$$

$$AC 1 \text{ PK} = 9.000 \text{ BTU/h}$$

$$AC 1\frac{1}{2} \text{ PK} = 12.000 \text{ BTU/h}$$

$$AC 2 \text{ PK} = 18.000 \text{ BTU/h}$$

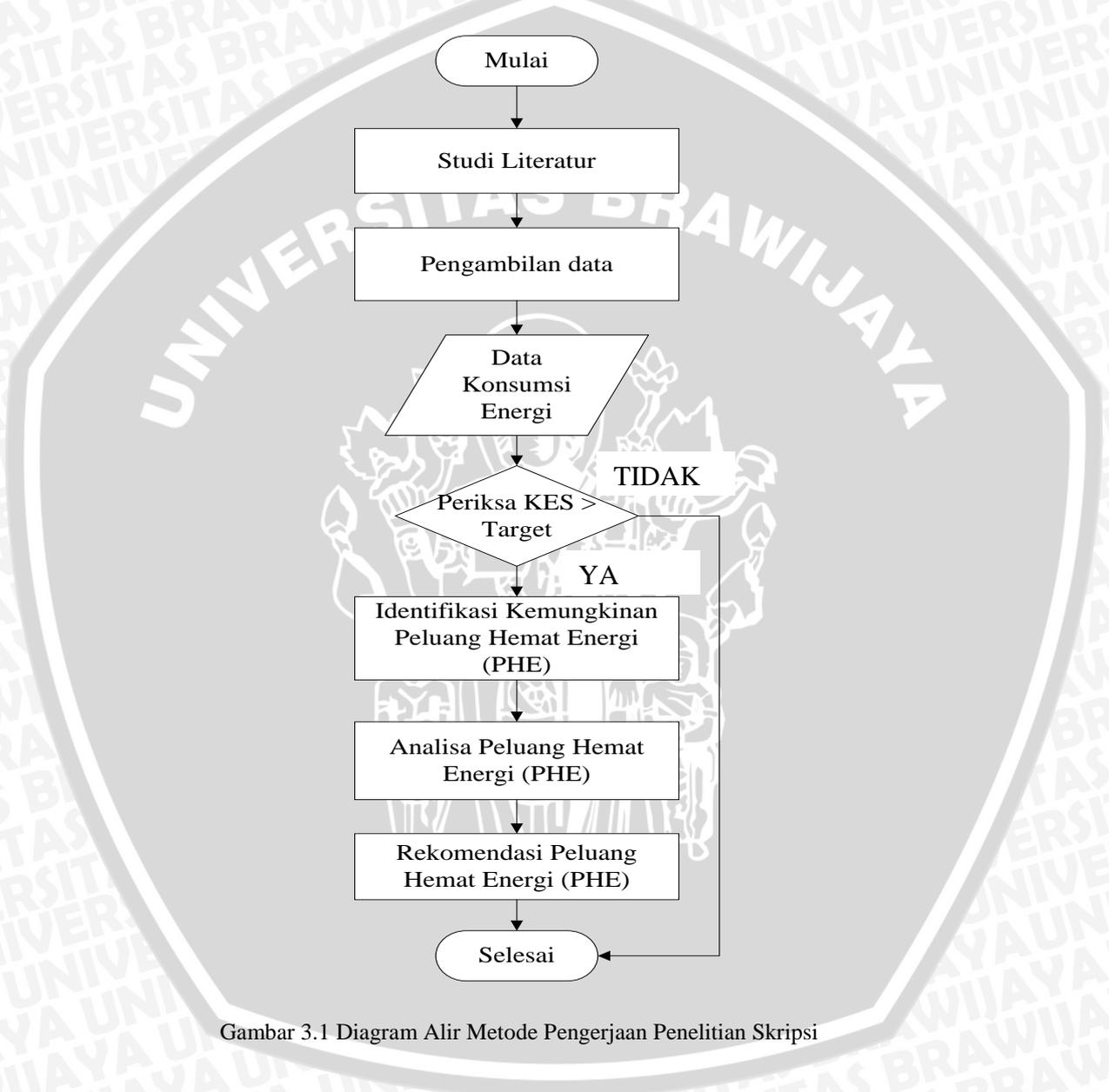
$$AC 2\frac{1}{2} \text{ PK} = 21.000 \text{ BTU/h}$$



BAB III

METODE PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat analisis, yaitu analisis dan pembahasan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk analisis yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pengerjaan Penelitian Skripsi

3.1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memahami konsep-konsep yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji dalam skripsi ini. Studi literatur yang dilakukan dengan cara mempelajari buku referensi, jurnal, skripsi, *web browsing*, *data sheet*, dan forum-forum resmi yang menunjang dalam penyusunan skripsi. Studi literatur yang diperlukan sebagai bahan acuan dalam proses analisis seperti mempelajari tingkatan dari audit, proses audit, beban motor, beban penerangan, beban AC, pengukuran, dan perekomendasi penghematan energi.

3.2. Pemetaan Tempat Kerja

Pertama-tama melaksanakan inspeksi pada area dengan meneliti aturan pemakaian energi, semua peralatan bangunan pengoperasian dan perawatan peralatan, dan komponen bangunan. Analisis pemakaian energi pada area tersebut, mengidentifikasi sumber energi, jumlah penggunaan energi, dan menjelaskan peruntukan dari energi yang digunakan. Analisis harus mengidentifikasikan faktor penting yang mempengaruhi pemakaian energi seperti jam pengoperasian.

3.3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data primer dan sekunder.

Data – data yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran, perhitungan, dan pengamatan langsung di lapangan, yaitu:

a. Main Distribution Panel

Main Distribution Panel adalah tempat dimana pengontrolan seluruh sistem untuk mengetahui tegangan, arus, dan $\cos \Phi$ pada sumber maupun pada beban yang terpakai. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 16 Desember 2013 selama 3 kali dalam 3 shift pada pukul 07.00 WIB, pukul 15.00 WIB, dan pukul 23.00 WIB dikarenakan pabrik gula melakukan penggilingan selama 24 jam *non stop*.

b. Sistem Tenaga

Sistem tenaga dalam hal ini adalah penggunaan mesin – mesin pada bagian produksi. Pengambilan data dibagi menjadi dua yaitu *name plate* motor dan pengukuran. Untuk pengukurannya dimulai dengan mengukur tegangan kerja dan arus pada motor tersebut. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 30 Desember 2013 dan hanya dilakukan sekali mengingat penggunaan motor digunakan secara terus menerus selama masa giling.

c. Sistem Pencahayaan

Pencahayaan dalam hal ini adalah penggunaan lampu pada area industri. Beberapa tahapannya adalah mengetahui sistem pencahayaan, melakukan pengukuran terhadap lux, tegangan kerja, dan arus sehingga memunculkan energi yang dihasilkan serta membandingkan nilai lux terukur dengan nilai standar sehingga dapat diambil suatu keputusan dalam proses evaluasi. Pengambilan data pada pencahayaan dilakukan pada 3 shift untuk mengetahui operasi kerjanya. Untuk pengukuran tegangan dan arus diambil satu kali dan diambil beberapa lampu sebagai sampel di Kantor listik pada tanggal 27 Desember 2013.

d. Sistem Pendingin

Pendingin yang dimaksud adalah *Air Conditioning* (AC) yang terhubung dengan PLN. Data yang dibutuhkan adalah tegangan, arus, dan periode operasi. Pengambilan data pada tanggal 20 Desember 2013 dilakukan hanya satu kali mengingat operasi AC selalu digunakan 24 jam *nonstop*.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, dan skripsi yang relevan dengan pembahasan skripsi ataupun yang terdapat pada lapangan (PT. P.G. Kreet Baru I).

Data tersebut adalah:

- a. Denah bangunan PT. P.G. Kreet Baru I.
- b. Gambar single line diagram.
- c. Spesifikasi peralatan atau beban. (lampu, AC, dan motor)
- d. Operasional Harian.

3.4. Analisis dan Pembahasan

3.4.1. Pengolahan Data

Pengolahan data yang diambil menggunakan perhitungan yang telah ada dalam literatur skripsi ini yaitu pada tinjauan pustaka. Data yang diolah merupakan data primer dan data sekunder yang mana data tersebut langsung diambil dari perusahaan tersebut.

3.4.2. Analisis Data

Analisis data ini dilakukan dengan membandingkan data primer yang telah diambil pada lapangan dan setelah diolah sesuai tinjauan pustaka yang ada, lalu dibandingkan data yang telah diolah dengan data standarisasi dari efisiensi objek tersebut.

3.4.3. Analisis Peluang Hemat Energi (PHE)

Analisis ini dilakukan untuk memberikan tindakan konservasi energi dari suatu objek yang diteliti agar memperoleh efisiensi penggunaan energi. Tindakan konservasi tersebut bisa berupa mengganti beban dalam suatu sistem tersebut yang tidak memenuhi standarisasi, melakukan perbaikan pada sistem yang bermasalah serta menata ulang sistem pengoperasian beban.

3.5. Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan penelitian dan analisis konsumsi energi dari PT. P.G. Kreet Baru I, tahap selanjutnya adalah pengambilan kesimpulan dari keseluruhan sistem yang telah dibuat. Tahap terakhir adalah penulisan saran dalam penyusunan laporan penelitian ini, saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta menyempurnakan penelitian untuk pengembangan di masa mendatang.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN DATA

4.1. Gambaran Umum PT. P.G. Rajawali I

PT. P.G. Rajawali adalah pabrik gula yang berlokasi di Kreet Bululawang. PT. P.G. Rajawali terbagi menjadi dua unit pabrik gula yaitu unit PT. P.G. Kreet Baru I dan unit PT. P.G. Kreet Baru II. Dalam pabrik gula terdapat dua musim dalam setahun yaitu musim tidak produksi dan produksi. Pada musim tidak produksi hanya dilakukan evaluasi pada produksi sebelumnya, *maintenance* alat-alat produksi dan perancangan sistem produksi. Pada musim produksi di P.G. Kreet Baru I mempunyai kapasitas giling sebesar 6500 TCD (*Ton Cane Day*) dan gula yang dihasilkan rata – rata sebesar 450 ton per harinya. Konsumsi energi pada P.G. Kreet Baru I tergantung dari dua hal yaitu jumlah tebu yang digiling dan jumlah gula yang dihasilkan. Konsumsi daya pada P.G. Kreet Baru I mempunyai target dalam konsumsi energi listriknya yaitu tidak lebih dari 14 kWh per ton tebu. Menurut sumber kondisi tersebut kadang melampaui target dan kadang mencapai target yang ditentukan.

4.2. Kondisi Kelistrikan pada PT. P.G. Kreet Baru I

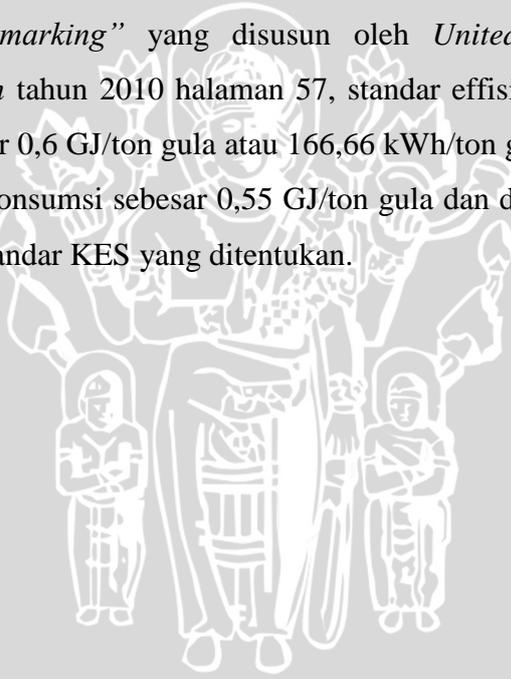
PT. P.G. Kreet I disuplai oleh 3 sumber yaitu dari PLN, PLTU dan PLTD. Untuk PLN disuplai trafo berkapasitas 865 KVA, untuk PLTU (*Steam Turbine Generator*) di pabrik gula terdapat 4 PLTU yang terdiri dari Generator Dresserand atau TA I (5 MVA), Turbodyne I atau TA III (1,875 MVA), Turbodyne II atau TA III (2,9 MVA) dan Kanis (2 MVA) dengan daya total tersambung sebesar 11,775 MVA dan untuk PLTD (Diesel Man) sebesar 800 kVA.

Dalam PT. P.G. Kreet Baru I terdapat 6 Stasiun yang terdiri dari Stasiun Penggilingan, Stasiun Pabrik Tengah, Stasiun Ketel, Stasiun Lisrik, Stasiun Puteran dan Stasiun Besali (Bengkel Sabut Listrik). Terdapat 5 Rail yang tersambung dari Generator menuju panel beban yang berjumlah 16 yang masing – masingnya adalah Panel Yoshimine 1, Panel Yoshimine 2, Panel Cheng – chen, Panel Gilingan, Panel Pabrik Tengah, Panel Conti, Panel WS, Panel ASEA, Panel Talang Goyang, Panel Cooling Tower, Panel Inject Nash, Panel Inject Baru, Panel Baggase Dryer, Panel Meja Tebu, Panel PAM, Panel Penerangan. Pembagian beban pada setiap rail dan generator dapat dilihat pada Tabel 4.1.

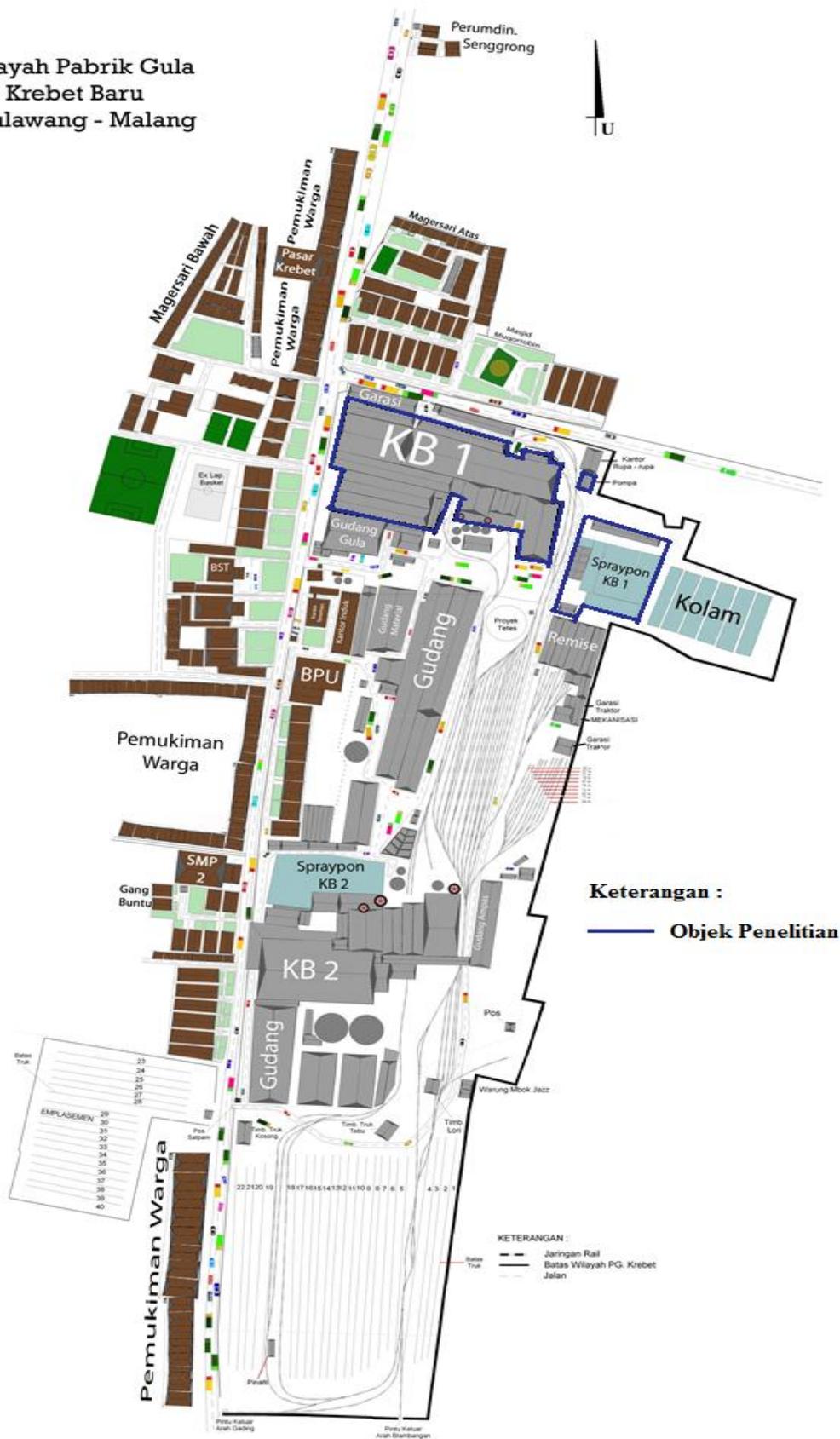
Kondisi kelistrikan pada tahun 2012 pada masa giling ialah 13.784.231,00 kWh. Pada masa giling gula tahun 2012 kondisi tebu yang digiling selama 172 hari rata – rata sebesar 6000 ton per harinya dan gula yang dihasilkan sejumlah 89.229,70 ton atau setara dengan 8,7% rendemen tebu. Data ini diambil langsung dari arsip penggilingan pabrik gula krebet baru I tahun 2012. Konsumsi Energi Spesifik pada tahun 2012 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-1) yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Energi Spesifik} &= \frac{\text{Konsumsi energi}}{\text{jumlah produksi}} \\ &= \frac{13.784.231,00}{89229,70} \\ &= 154,48 \text{ kWh/ton}\end{aligned}$$

Didapatkan hasil perhitungan KES untuk tahun 2012 sebesar 154,48 kWh/ton gula dikonversi menjadi 0,55 GJ/ton gula. Menurut *Working Paper "Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking"* yang disusun oleh *United Nations Industrial Development Organization* tahun 2010 halaman 57, standar efisien KES listrik untuk industri gula adalah sebesar 0,6 GJ/ton gula atau 166,66 kWh/ton gula. Pada tahun 2012 P.G. Kretet Baru I mengkonsumsi sebesar 0,55 GJ/ton gula dan dapat dikatakan hemat karena tidak melampaui standar KES yang ditentukan.



Wilayah Pabrik Gula
Krebet Baru
Bululawang - Malang



Gambar 4.1 Denah P.G. Krebet Baru dan Objek Penelitian

Sumber : P.G. Krebet Baru I, 2013

Tabel 4.1 Formasi Pembebanan di P.G. Kretet Baru I

NO	Beban	TA I		TA II		TAIII		KANIS		DIESEL		PLN
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
1	Yoshimine 2	●				●						●
2	Baggase Dryer			●								
3	Talang Goyang	●		●								
4	WS + S Dryer		●	●								
5	Conti	●				●						
6	Gilingan		●			●						
7	Pabrik Tengah		●	●								
8	Cooling Tower	●	●									
9	Cheng-chen		●	●		●						
10	Asea	●	●									
11	Yoshimine 1	●										●
12	Penerangan	●										●
13	Crane+ meja	●										●
14	Pam	●										●
15	Injec + Nash	●	●									
16	Injec + Baru	●	●									

Keterangan
Rail 1
Rail 2
Rail 3
Rail 4
Diesel
PLN

Sumber: P.G. Kretet Baru I, 2013



4.3. Pembebanan Terhadap PT. P.G. Krebet Baru I

Pembebanan pada PT. P.G. Krebet Baru I di suplai oleh 6 sumber yaitu TA I, TA II, TA III, KANIS, Diesel dan PLN. Untuk TA I, TA II, dan TA III membebani untuk mesin – mesin produksi gula dan pembangkit listrik tenaga uap sedangkan untuk generator KANIS digunakan sebagai cadangan. Untuk diesel hanya sebagai starting dan cadangan. Untuk PLN hanya digunakan sebagai penerangan dan AC. Kondisi pembebanan pada pabrik gula bersifat fluktuatif pada setiap jamnya dan berlangsung secara kontinu dimulai dari masa penggilingan sampai selesai. Pembebanan dapat dilihat pada *Main Distribution Panel* yang menunjukkan konsumsi dari pabrik gula. Beban pada pabrik gula didominasi oleh motor, lampu, dan ac. Dengan kondisi tersebut dapat dipastikan bahwa pabrik gula krevet mengkonsumsi energi sangat banyak. Untuk mengetahui seberapa besar konsumsi energi pada P.G Krebet Baru I dapat dilihat dari hasil pengukuran tegangan, arus, dan $\cos \Phi$ dari masing – masing beban di Main Distribution Panel.

Pengukuran dilakukan selama 3 kali dalam 3 shift pada tanggal 16 Desember 2013 pukul 07.00 WIB, pukul 15.00 WIB, dan pukul 23.00 WIB dikarenakan pabrik gula melakukan penggilingan selama 24 jam *non stop* dan diasumsikan untuk setiap shift energinya konstan. Pengukuran menggunakan *Power Quality Analyzer*. Tabel 4.2 adalah data pembebanan listrik terhadap PT. P.G. Krebet Baru I pada panel gilingan.

Tabel 4.2 Salah Satu Hasil Pengukuran pada Main Distribution Panel

Sumber	Waktu	Fasa	$V_f(v)$	I(a)	Cos Φ
Panel Gilingan	16/12/2013 07:00:00	R	219,3	582,5	0,84
		S	222,5	600,3	0,84
		T	222,9	622,7	0,84
	16/12/2013 15:00:00	R	219,2	600,1	0,85
		S	221,3	634,1	0,85
		T	222,5	625,6	0,85
	16/12/2013 23:00:00	R	219,7	643,9	0,83
		S	222,5	631,5	0,83
		T	222,8	626,9	0,83

Dari data diatas maka dapat dilakukan perhitungan total daya pada beban. Diambil salah satu contoh perhitungan daya pada panel gilingan dengan menggunakan persamaan (2-9):

$$P = V \times I \times \text{Cos } \Phi$$

a. Dihitung daya total pada pukul 07.00 (shift pagi)

Fasa R

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 219,3 \times 582,5 \times 0,84 \\ &= 107.303,49 \text{ W} \end{aligned}$$

Fasa S

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 222,5 \times 600,3 \times 0,84 \\ &= 112.196,07 \text{ W} \end{aligned}$$

Fasa T

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 222,9 \times 622,7 \times 0,84 \\ &= 116.591,85 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{TOTAL}} &= P_R + P_S + P_T \\ &= 107.303,49 + 112.196,07 + 116.591,85 \\ &= 336.091,41 \text{ W} = 336,09 \text{ kW} \end{aligned}$$

b. Dihitung daya total pada pukul 15.00 (shift siang)

Fasa R

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 219,2 \times 600,1 \times 0,85 \\ &= 111.810,63 \text{ W} \end{aligned}$$

Fasa S

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 221,3 \times 634,1 \times 0,85 \\ &= 119.277,38 \text{ W} \end{aligned}$$

Fasa T

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 222,5 \times 625,6 \times 0,85 \\ &= 118.316,60 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{TOTAL}} &= P_R + P_S + P_T \\ &= 111.810,63 + 119.277,38 + 118.316,60 \\ &= 349.404,61 \text{ W} = 349,40 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Dihitung daya total pada pukul 23.00 (shift Malam)

Fasa R

$$\begin{aligned}P &= V \times I \times \cos \Phi \\&= 219,7 \times 643,9 \times 0,83 \\&= 117.415,80 \text{ W}\end{aligned}$$

Fasa S

$$\begin{aligned}P &= V \times I \times \cos \Phi \\&= 222,5 \times 631,5 \times 0,83 \\&= 116.622,26 \text{ W}\end{aligned}$$

Fasa T

$$\begin{aligned}P &= V \times I \times \cos \Phi \\&= 222,8 \times 626,9 \times 0,83 \\&= 115.928,85 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{TOTAL}} &= P_R + P_S + P_T \\&= 117.415,80 + 116.622,26 + 115.928,85 \\&= 349.966,92 \text{ W} = 349,97 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah mengetahui daya totalnya dapat dihitung besar energi yang digunakan selama perjamnya dengan menggunakan persamaan (2-4) yaitu :

$$W = P \times t$$

a. Energi perjamnya pada pukul 07.00

$$\begin{aligned}W &= P \times t \\&= 336,09 \text{ kWh}\end{aligned}$$

b. Energi perjamnya pada pukul 15.00

$$\begin{aligned}W &= P \times t \\&= 349,40 \text{ kWh}\end{aligned}$$

c. Energi perjamnya pada pukul 23.00

$$\begin{aligned}W &= P \times t \\&= 349,97 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Energi yang dihabiskan selama satu hari adalah:

$$\begin{aligned}W_{\text{gilinganperhari}} &= (336,09 \times 8) + (349,40 \times 8) + (349,97 \times 8) \\&= 8.283,70 \text{ kWh/hari}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh MDP dapat di lihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya dan Energi

Panel	Pukul	P (w)	W (Wh) 8 jam	W(kWh)/hari
Gilingan	07:00	336.091,42	2.688.731,34	8.283,70
	15:00	349.404,61	2.795.236,90	
	23:00	349.966,93	2.799.735,42	
Pabrik Tengah	07:00	523.451,88	4.187.615,04	12.839,76
	15:00	537.736,24	4.301.889,95	
	23:00	543.783,08	4.350.264,64	
Conti	07:00	310.853,17	2.486.825,34	6.162,29
	15:00	183.881,12	1.471.048,95	
	23:00	275.552,54	2.204.420,33	
Asea	07:00	49.898,51	399.188,08	3.743,43
	15:00	118.140,91	945.127,28	
	23:00	299.889,74	2.399.117,93	
Talang Goyang	7:00	156.084,39	1.248.675,12	3.595,71
	15:00	147.452,39	1.179.619,10	
	23:00	145.927,95	1.167.423,62	
WS	07:00	52.546,21	420.369,67	5.045,98
	15:00	163.154,27	1.305.234,17	
	23:00	415.047,53	3.320.380,26	
Cool Tower	07:00	698.343,17	5.586.745,34	16.995,27
	15:00	717.100,03	5.736.800,26	
	23:00	708.966,72	5.671.733,76	
Cheng-cen	07:00	394.797,51	3.158.380,09	9.624,50
	15:00	397.033,80	3.176.270,41	
	23:00	411.231,24	3.289.849,92	
Yoshimene 2	07:00	336.289,56	2.690.316,50	8.102,02
	15:00	338.531,57	2.708.252,59	
	23:00	337.932,03	2.703.456,21	
Injec lama + Nash	07:00	586.762,43	4.694.099,42	15.433,64
	15:00	671.714,74	5.373.717,89	
	23:00	670.729,08	5.365.832,64	
Inject Baru	07:00	291.070,16	2.328.561,28	6.944,09
	15:00	287.046,91	2.296.375,30	
	23:00	289.894,84	2.319.158,72	
Baggase Dryer	07:00	162.518,07	1.300.144,58	3.904,63
	15:00	168.156,15	1.345.249,22	
	23:00	157.405,11	1.259.240,90	

Panel	Pukul	P (w)	W (wh) 8 jam	W(wh)/hari
Crane + Meja Tebu	7:00	238.183,06	1.905.464,45	4.996,15
	15:00	137.075,00	1.096.599,96	
	23:00	249.261,00	1.994.087,96	
Pam	7:00	72.861,89	582.895,08	1.835,60
	15:00	82.225,12	657.800,93	
	23:00	74.363,78	594.910,22	
Penerangan Pabrik	7:00	100.550,99	804.407,89	2.612,23
	15:00	109.870,48	878.963,87	
	23:00	116.108,51	928.868,04	

Dari Tabel 4.3 terdapat perbedaan jumlah konsumsi energi yaitu pada panel Asea, Conti, Ws, dan Crane + Meja tebu. Hal ini disebabkan karena beban yang ada di panel tersebut berubah – ubah tergantung jumlah produksinya per menitnya. Misal pada Asea saat daya sebesar 49.898,51 adalah kondisi dimana gula tetes pada tempat tersebut sangat sedikit dan sebaliknya pada daya 299.889,74 kondisi gula tetes sangatlah banyak yang masuk pada adukan. Hal ini terjadi juga pada WS dan Conti. Untuk Crane tergantung penggunaannya yaitu saat berbeban maupun tidak berbeban. Untuk crane sendiri berfungsi memindahkan tebu dari truk menuju meja tebu.

Dari Tabel 4.3 diatas dapat diketahui energi yang dikonsumsi per harinya dengan menjumlahkan seluruh daya pada setiap panel, yaitu:

$$\begin{aligned}
 W(\text{kWh/hari}) &= W_{\text{gilingan}} + W_{\text{pabrik tengah}} + W_{\text{conti}} + W_{\text{asea}} + W_{\text{Penerangan Pabrik}} + \\
 &W_{\text{talang goyang}} + W_{\text{ws}} + W_{\text{cool tower}} + W_{\text{Cheng chen}} + W_{\text{yoshimene2}} + W_{\text{injec lama}} + \\
 &W_{\text{injec baru}} + W_{\text{baggase dryer}} + W_{\text{crane dan meja tebu}} + W_{\text{pam}} + W_{\text{penerangan pabrik}} \\
 &= 8.283,70 + 12.839,76 + 6.162,29 + 3.743,43 + 3.595,71 + 5.045,98 + \\
 &16.995,27 + 9.624,50 + 8.102,02 + 15.433,64 + 6.944,09 + 3.904,63 + \\
 &4.996,15 + 1.835,60 + 2.612,23 \\
 &= 110.119,09 \text{ kWh/hari}
 \end{aligned}$$

Energi yang digunakan selama masa penggilingan adalah:

$$\begin{aligned}
 W (\text{kWh/periode penggilingan}) &= W \times t \\
 &= 110.119,09 \times 184 \text{ hari (6 bulan)} \\
 &= 20.261.911,92 \text{ kWh/giling}
 \end{aligned}$$

Dari data perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa energi yang dibutuhkan selama masa penggilingan 184 hari sebesar 20.261.911,92 kWh/giling.

4.4. Analisis Konsumsi Energi Spesifik (KES) pada P.G Kreet Baru I

Analisis konsumsi energi spesifik ini dapat dilakukan setelah mengetahui jumlah konsumsi energi selama produksi dan data jumlah hasil produksi. Dari hasil perhitungan dapat diketahui konsumsi energi selama masa penggilingan adalah 20.261.911,916 kWh. Data jumlah produksi diperoleh dari pabrik atau disebut data sekunder. Pada masa produksi tahun 2013 selama 184 hari tebu yang digiling sebanyak 1.054.953,4 ton dan produksi gula sebesar 79.262,5 ton atau setara dengan 7,5% rendemen tebu. Jumlah ini berbeda dari tahun sebelumnya karena banyaknya produksi gula juga tergantung dari rendemen gula pada tebu. Menurut sumber tahun ini rendemen gula menurun maka dari itu produksi gula juga menurun dari tahun sebelumnya per 184 hari. Untuk menghitung KES digunakan persamaan (2-1), yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Energi Spesifik} &= \frac{\text{Konsumsi energi}}{\text{jumlah produksi}} \\ &= \frac{20.261.911,92}{79.262,5} \\ &= 255,630 \text{ kWh/ton}\end{aligned}$$

Diperoleh KES sebesar 255,63 kWh/ton atau setara dengan 0,92 GJ/ton. Menurut *Working Paper "Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking"* yang disusun oleh *United Nations Industrial Development Organization* tahun 2010, standar efisien KES listrik untuk industri gula adalah tidak lebih dari 0,6 GJ/ton gula atau 166,66 kWh/ton gula. Pada kondisi ini P.G. Kreet Baru I mengkonsumsi sebesar 0,92 GJ/ton gula dan dapat dikatakan boros karena telah melampaui standar KES yang ditentukan. Dengan ini masih bisa didapatkan potensi penghematan energi pada pabrik tersebut.

4.5. Analisis pada Beban Motor

Pada P.G. Kreet Baru I untuk sistem tenaga murni disuplai oleh PLTU (*Steam Turbine Generator*) dan untuk sistem cadangannya dari diesel dan PLN. Rata – rata beban motor di P.G. Kreet Baru I difungsikan sebagai pompa, kipas, kompresor, konveyor, dan gilingan. Pembagian pada beban motor terbagi menjadi 4 stasiun yaitu stasiun gilingan, stasiun pabrik tengah, stasiun ketel, dan stasiun puteran. Jumlah motor pada seluruh stasiun adalah 311 yang masing – masing stasiunnya adalah 67 motor pada stasiun gilingan, 65 motor pada stasiun pabrik tengah, 103 motor pada stasiun ketel dan 76 stasiun. Motor yang bekerja pada stasiun gilingan adalah 21 motor, 45 motor untuk stasiun pabrik tengah, 59 motor untuk stasiun puteran dan 50 motor untuk

stasiun ketel. Motor bekerja 24 *non-stop* sampai masa produksi gula selesai. Ada motor dengan spesifikasi dan fungsi yang sama digunakan sebagai cadangan bila ada permasalahan pada motor yang bekerja.

4.5.1. Perhitungan Beban Motor

Survei beban motor dilakukan untuk mengukur beban operasi berbagai motor di stasiun gilingan, stasiun pabrik tengah, stasiun puteran dan stasiun ketel. Hasilnya dari survei digunakan untuk mengidentifikasi pembebanan pada motor. Perhitungan menggunakan metode pengukuran daya masuk. Pengukuran diambil dari salah satu sampel motor yang ada di stasiun gilingan karena kondisi jumlah motor dan waktu pengukuran yang tidak memungkinkan. Data lainnya diambil dari data sekunder yang ada di pabrik. Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 adalah data motor pada motor Pompa Nira Peti Bolougne.

Tabel 4.4 *Name Plate* Motor

Nama Motor	P (kW)	V(v)	I(A)
Pompa Nira Peti Bolougne	75,00	380,00	134,20

Tabel 4.5 Data Pengukuran Motor Pompa Nira Peti bolougne

Nama Motor	V _(f-f)	I _f (A)	Cos Φ	η
Pompa Nira Peti Bolougne	387,00	111,6	0,86	0,95
	385,00	118,4		
	385,40	113,2		

Maka dapat dihitung daya masuknya sesuai persamaan (2-5)

$$P_i = \frac{V \times I \times \cos \Phi \times \sqrt{3}}{1000} = \frac{385,80 \times 114,40 \times 0,86 \times \sqrt{3}}{1000} = 65,66 \text{ kW}$$

Kemudian dapat dihitung pula nilai daya masuk berdasarkan data pada *nameplate* sesuai persamaan (2-6):

$$P_r = \text{HP} \times \frac{0,746}{\eta_r} = \frac{75}{0,95} = 79,37 \text{ kW}$$

Selanjutnya dihitung beban pada motor sesuai persamaan (2-7):

$$\text{Load} = \frac{P_i}{P_r} \times 100\% = \frac{65,66}{79,37} \times 100\% = 83 \%$$

Maka besar bebannya adalah $83\% \times 75 \text{ kW} = 62,05 \text{ kW}$

Dengan menggunakan cara yang sama, maka data hasil perhitungan beban motor pada stasiun gilingan dapat dilihat pada tabel 4.10. Pembebanan motor pada stasiun pabrik tengah, puteran dan stasiun ketel dapat dilihat pada lampiran 2. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan motor mempunyai pembebanan yang berbeda – beda. Ada 20 motor dengan kondisi pembebanan kurang dari 50% hal ini yang dapat menyebabkan penurunan faktor daya pada motor dari seluruh stasiun dan yang lainnya untuk pembebanan sudah diatas 50%. Pemasangan *inverter* pada motor WS, ASEA, dan *Baggase Dryer* memberikan dampak bagi konsumsi energinya yaitu motor selalu bekerja sesuai kebutuhan beban sehingga penggunaan konsumsi energinya bisa dikatakan hemat. Dari hasil perhitungan tidak ada pembebanan yang melebihi 90% karena terdapat *Electric Over Current Relay* pada masing – masing motor dan ketika beban itu mencapai 90% maka akan *trip*.

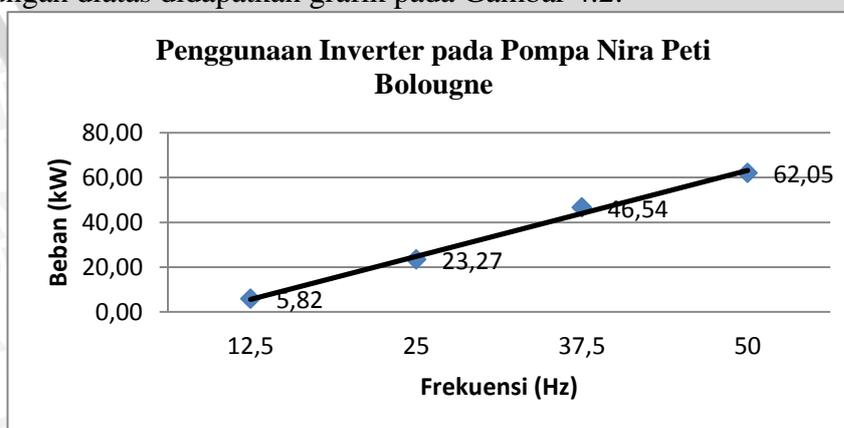
4.5.2. Perhitungan Daya Masukan Motor Berdasarkan Perubahan Frekuensi

Dimisalkan motor Pompa Nira Peti Bolougne tidak menggunakan *inverter* diberi suplai PWM dengan *inverter*. Berdasarkan pustaka yang ada menyatakan bahwa frekuensi kerja berbanding lurus dengan daya keluaran, maka dapat dihitung konsumsi energi listrik untuk frekuensi kerja yang berbeda–beda seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya Masukan dan Beban Terhadap Perubahan Frekuensi

$P_{nameplate}$ (kW)	η	f (Hz)	$Load$ (kW)	P_{in} (kW)
75	0.86	50,00	62,05	65,66
75	0.86	37,50	46,54	49,25
75	0.86	25,00	23,27	24,62
75	0.86	12,50	5,82	6,25

Dari perhitungan diatas didapatkan grafik pada Gambar 4.2.



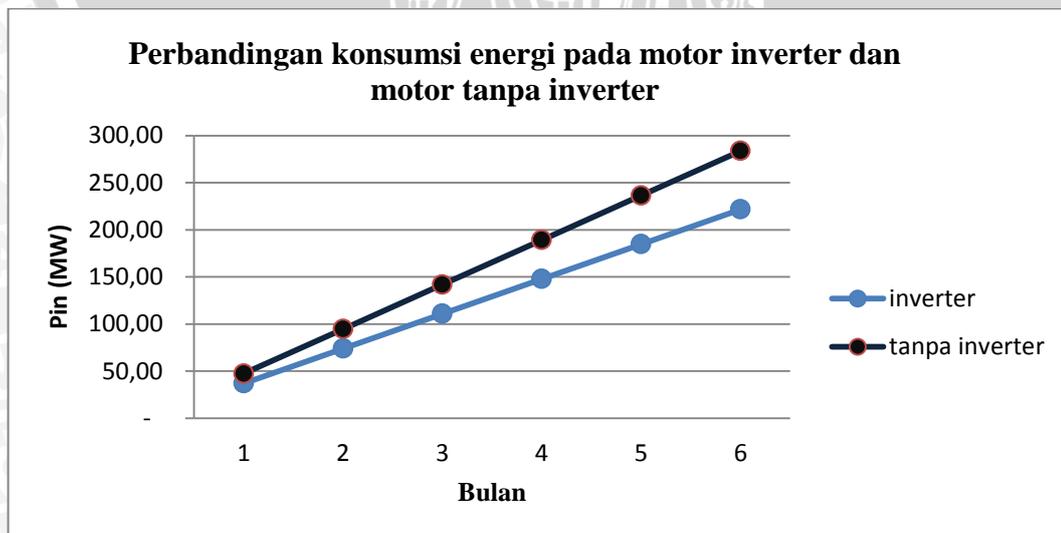
Gambar 4.2 Grafik Pembebanan Terhadap Frekuensi yang Berbeda

Gambar 4.2 adalah grafik yang menyatakan bahwa semakin besar frekuensi kerja yang dihasilkan maka bebannya akan semakin meningkat. Hal ini yang menyebabkan konsumsi energi listrik (P_{in}) juga semakin meningkat. Karena adanya pemasangan *inverter* maka frekuensi kerja dapat diatur–atur sesuai kebutuhan beban sehingga konsumsi energi listrik pun dapat diatur pula. Motor – motor yang menggunakan *inverter* dapat dilihat pada panel Asea dan panel WS. Pada panel Asea energi yang dikonsumsi sudah sesuai dengan beban yang diinginkan maka dari itu untuk konsumsi energi pada panel tersebut bisa dikatakan lebih hemat daripada panel lainnya. Tabel 4.7 adalah tabel perbandingan konsumsi energi pada Pompa Nira Peti Bolougne dengan menggunakan *inverter* dan tanpa *inverter*.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Motor *Inverter* dan Motor Tanpa *Inverter*

Bulan	Motor <i>Inverter</i> Pin (MW)	Motor Pin (MW)
1	36,93	47,27
2	73,86	94,55
3	110,80	141,82
4	147,73	189,10
5	184,67	236,37
6	221,60	283,65

Perhitungan pada motor *inverter* untuk operasinya diasumsikan sebesar 6 jam dengan 4 macam nilai frekuensi dan untuk motor tanpa *inverter* beroperasi selama 24 jam. Gambar 4.3 adalah grafik perbandingan konsumsi energi motor pada motor menggunakan *inverter* dengan motor tanpa *inverter*.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Motor *Inverter* dengan Tanpa *Inverter*

Dari Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa motor yang menggunakan *inverter* untuk konsumsi energinya jauh lebih hemat daripada motor tanpa *inverter*. Karena adanya pemasangan *inverter* maka beban dapat diatur–atur sesuai kebutuhan sehingga konsumsi energi listrik pun dapat diatur pula.

4.5.3. Perhitungan Penghematan pada Motor

Perhitungan penghematan pada motor dilakukan berdasarkan dari data pengukuran sekunder motor. Perhitungan diasumsikan bahwa motor menggunakan *inverter* untuk menghemat energi dengan variasi beban berdasarkan perubahan frekuensi pada motor. Frekuensi motor diatur sesuai dengan karakteristik beban. Diambil salah satu contoh pada stasiun gilingan. Tabel 4.8 adalah tabel perhitungan penghematan motor pada stasiun Gilingan Perhitungan lainnya dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Penghematan pada Stasiun Gilingan

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	Penghematan (%)	Keterangan
1	Rantai Meja Tebu barat	46.576,11	46.576,11	0%	ED - motor
2	Rantai Meja Tebu tengah	47.526,64	47.526,64	0%	ED - motor
3	Rantai Meja Tebu timur	62.101,48	46.576,11	25%	Inverter
4	Kicker Meja Tebu timur	34.219,18	25.664,39	25%	Inverter
5	Kicker Meja Tebu tengah	46.639,48	34.979,61	25%	Inverter
6	Kicker Meja Tebu Barat	46.639,48	34.979,61	25%	Inverter
7	Cane Carrier 1	186.494,54	186.494,54	0%	ED - motor
8	Cane Carrier 2	72.240,49	72.240,49	0%	ED - motor
9	Pompa nira mentah 2 (selatan)	231.806,21	154.537,48	33%	Inverter
10	Pompa nira peti bolougne	289.975,87	193.317,25	33%	Inverter
11	IMC 1	91.817,05	68.862,79	25%	Inverter
12	IMC 2	81.542,45	61.156,84	25%	Inverter
13	IMC 3	78.721,80	59.041,35	25%	Inverter
14	IMC 4	53.848,79	53.848,79	0%	ED - motor
15	Pendingin oli gilingan 1	8.724,27	6.543,20	25%	Inverter
16	Pendingin oli gilingan 2	11.553,76	8.665,32	25%	Inverter
17	Pendingin oli gilingan 3	8.724,27	6.543,20	25%	Inverter
18	Pendingin oli gilingan 4	8.724,27	6.543,20	25%	Inverter
19	Pompa maserasi 1	19.193,39	14.395,05	25%	Inverter
20	Pompa varval 2	2.334,33	1.750,75	25%	Inverter
21	Pompa imbisi 1	92.772,00	69.579,00	25%	Inverter

Dari hasil perhitungan pada stasiun gilingan sebelum dipasang inverter mengkonsumsi energi sebesar 1.522.175,87 kWh/giling dan setelah pemasangan inverter menjadi 1.199.821,70 kWh/giling maka terdapat penghematan sebesar 322.354,17 kWh/giling atau 21%. Tabel 4.9 adalah hasil perhitungan energi yang digunakan pada seluruh motor pada masing – masing stasiun dalam kondisi belum terpasang *inverter* dan sudah terpasang *inverter*.

Tabel 4.9 Perhitungan dari Seluruh Stasiun dengan Menggunakan *Inverter* dan tidak menggunakan *Inverter*.

Stasiun	kWh/hari	kWh/giling	kWh/hari	kWh/giling
Gilingan	8.272,69	1.522.175,87	6.520,77	1.199.821,70
P tengah	45.804,26	8.427.983,82	30.536,17	5.618.655,88
Puteran	45.073,26	8.293.479,02	34.926,66	6.426.505,20
Ketel	23.113,78	4.252.936,28	17.461,76	3.212.964,07
Jumlah	122.263,99	22.496.574,99	89.445,36	16.457.946,85

Dari tabel 4.9 dapat kita ketahui hasil perhitungan energi motor tanpa *inverter* selama masa giling sebesar 22.496.574,99 kWh/giling dan setelah dipasang *inverter* setiap motor menjadi 16.457.946,85 kWh/giling. Setelah dihitung didapatkan penghematan energi sebesar 6.038.628,14 kWh/giling atau sebesar 26,84 % selama masa giling.

Motor pada industri seringkali beroperasi pada kondisi beban yang bervariasi karena permintaan proses produksi. Pada kenyataannya banyak memilih motor berdasarkan beban dengan antisipasi beban tertinggi. Hal ini yang membuat motor mengkonsumsi energi sangat banyak padahal motor hanya akan beroperasi pada kapasitas penuh untuk jangka waktu yang pendek, dan dan lebih sering bekerja pada beban rendah. Solusinya adalah dengan menentukan motor yang akan digunakan berdasarkan survei pembebanan yang paling lama. Hal ini dapat mengurangi biaya dalam pembelian motor dan konsumsi energi.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Gilingan

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	$V_{(terukur)}$ (v)	$I_{(terukur)}$ (A)	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
1	Rantai Meja Tebu barat	ED Motor	15,00	385,80	24,50	14,06	16,23	86,63	12,99
2	Rantai Meja Tebu tengah	ED Motor	15,00	385,80	25,00	14,35	16,23	88,39	13,26
3	Rantai Meja Tebu timur	Non - Inverter	15,00	385,80	24,50	14,06	16,23	86,63	12,99
4	Kicker Meja Tebu timur	Non - Inverter	18,50	385,80	13,50	7,75	20,02	38,70	7,16
5	Kicker Meja Tebu tengah	Non - Inverter	18,50	385,80	18,40	10,56	20,02	52,75	9,76
6	Kicker Meja Tebu Barat	Non - Inverter	11,00	385,80	18,40	10,56	12,09	87,37	9,61
7	Cane Carrier 1	ED Motor	75,00	385,80	98,10	56,31	79,37	70,95	53,21
8	Cane Carrier 2	ED Motor	30,00	385,80	38,00	21,81	32,26	67,62	20,28
9	Pompa nira mentah 2 (selatan)	Non - Inverter	55,00	385,80	90,40	52,49	58,45	89,81	49,40
10	Pompa nira peti bolougne	Non - Inverter	75,00	385,80	114,40	65,66	79,37	82,74	62,05
11	IMC 1	Non - Inverter	45,00	385,80	35,40	20,79	47,82	43,48	19,57
12	IMC 2	Non - Inverter	22,00	385,80	31,80	18,47	23,81	77,55	17,06
13	IMC 3	Non - Inverter	22,00	385,80	30,70	17,83	23,81	74,87	16,47
14	IMC 4	ED Motor	22,00	385,80	28,00	16,26	23,81	68,29	15,02
15	Pendingin oli gilingan 1	Non - Inverter	5,50	385,80	3,70	1,98	6,15	32,15	1,77
16	Pendingin oli gilingan 2	Non - Inverter	5,50	385,80	4,90	2,62	6,15	42,58	2,34
17	Pendingin oli gilingan 3	Non - Inverter	5,50	385,80	3,70	1,98	6,15	32,15	1,77
18	Pendingin oli gilingan 4	Non - Inverter	5,50	385,80	3,70	1,98	6,15	32,15	1,77
19	Pompa maserasi 1	Non - Inverter	5,50	385,80	7,40	4,35	6,15	70,73	3,89
20	Pompa varval 2	Non - Inverter	0,75	385,80	1,10	0,53	0,89	59,20	0,44
21	Pompa imbisi 1	Non - Inverter	22,00	385,80	36,60	21,01	23,81	88,23	19,41

Keterangan: Pi = Daya Masuk 3 fasa (kW) ; Pr = Daya Masuk Berdasarkan Data (Name Plate kW)

4.6. Analisis pada Beban Penerangan

Penggunaan lampu yang bersumber dari PLN 865 kVA didistribusikan ke beban penerangan seluruh pabrik gula dari unit P.G. Krebet Baru I maupun unit P.G. Krebet Baru II dan rumah dinas. Pada kondisi ini yang dibahas hanya dalam P.G. Krebet Baru I. Pada P.G. krebet baru I terdapat berbagai macam jenis lampu yaitu lampu *Mercury* yang masing – masing sebesar 500 W dan 250 W, lampu SL (*soft light*) masing – masing sebesar 80 W dan 65 W, lampu pijar yang masing – masing sebesar 300 W dan 200 W serta lampu TL sebesar 40 W. Penempatan lampu tersebut terdapat pada seluruh stasiun pada P.G. Krebet Baru I dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 3. Dalam penyalaan lampu terdapat dua cara yaitu manual dan otomatis. Untuk lampu dengan saklar manual digunakan pada seluruh penerangan pabrik bagian bawah meliputi tempat kerja. Lampu dengan saklar otomatis menggunakan sensor cahaya yang terletak pada penerangan atas. Lampu menyala 16 jam untuk lampu otomatis, yaitu dari pukul 15.00 WIB – 7.00 WIB dan lampu yang dinyalakan secara manual beroperasi selama 24 jam. Dapat dilihat pada lampiran tentang kondisi jumlah lampu, daya lampu beserta jam operasinya di setiap stasiun.

4.6.1. Perhitungan Konsumsi Energi terhadap Beban Penerangan

Untuk menghitung intensitas konsumsi energi terhadap beban penerangan perlu diketahui jumlah energi yang digunakan dalam kurun waktu tertentu dan luas ruangan atau bangunan. Untuk mengetahui energi yang digunakan pada beban penerangan dapat menggunakan tegangan terukur dan arus terukur pada lampu atau daya yang terukur pada lampu. Pengukuran lampu dilakukan di kantor listrik P.G. Krebet Baru I. Tabel 4.11 adalah hasil pengukuran tegangan dan arus pada lampu.

Tabel 4.11 Pengukuran Tegangan dan Arus pada Lampu

NO	Jenis Lampu	Tegangan (v)	I (A)	Daya (W)
1	ML 500 W	205,2	2,65	554
2	ML 250 W	209,7	1,31	277
3	SL Tornado 80 W	209,8	0,34	70
4	SL Tornado 65 W	204,1	0,30	60
5	Pijar 300 W	210,4	1,20	256
6	Pijar 200 W	204,9	0,80	168
7	TL 40 W	210,7	0,34	46

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada lampu dapat disimpulkan bahwa pada lampu ML terdapat rugi – rugi. Pada lampu pijar daya yang terukur dengan

daya pada *name plate* lampu seharusnya sama namun karena adanya drop tegangan pada pln membuat daya pada lampu pijar menurun dan pengaruh usia lampu. Pada lampu SL juga terjadi penurunan daya namun dayanya kecil yaitu 10 W. Untuk perhitungan energi yang digunakan perharinya pada lampu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2-4) dan diambil stasiun gilingan sebagai contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

a. Lampu ML 500 W 19 buah

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= ((11 \times 554) \times 24 \text{ jam}) + ((8 \times 554) \times 16 \text{ jam}) \\ &= 146256 + 70912 \\ &= 217.168 \text{ Wh} \\ &= 217,168 \text{ kWh} \end{aligned}$$

b. Lampu ML 250 W 1 buah

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= (1 \times 277) \times 24 \text{ jam} \\ &= 6.648 \text{ Wh} \\ &= 6,648 \text{ kWh} \end{aligned}$$

c. Lampu Pijar 200 W

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= (5 \times 168) \times 24 \text{ jam} \\ &= 20.160 \text{ Wh} \\ &= 20,160 \text{ kWh} \end{aligned}$$

d. Lampu SL Tornado 80 W

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= ((8 \times 70) \times 16 \text{ jam}) + ((3 \times 70) \times 24 \text{ jam}) \\ &= 8.960 + 5040 \\ &= 14.000 \text{ Wh} \\ &= 14,000 \text{ kWh} \end{aligned}$$

e. Lampu SL Tornado 65 W

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= ((8 \times 60) \times 24 \text{ jam}) \\ &= 11.520 \text{ Wh} \\ &= 11,520 \text{ kWh} \end{aligned}$$

f. Lampu TL 46 W

$$\begin{aligned}W &= P \times t \\&= ((16 \times 40) \times 24 \text{ jam}) \\&= 17.664 \text{ Wh} \\&= 17,664 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Energi total pada stasiun gilingan adalah :

$$\begin{aligned}W_{\text{Lampu}} &= 217,168 + 6,648 + 14,000 + 11,520 + 17,664 \\&= 287,160 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Energi per bulan pada stasiun gilingan adalah :

$$\begin{aligned}W_{\text{Lampu}} &= 287,160 \times 31 \\&= 8.901,96 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan energi dapat dicari Intensitas Konsumsi Energi (IKE) beban penerangan pada bangunan tersebut dengan persamaan (2-2) yaitu:

$$\begin{aligned}\text{IKE}(\text{kWh}/\text{m}^2) &= \frac{\text{total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas lantai total (m}^2\text{)}} \\&= \frac{287,160 \times 31}{2.244 \text{ (m}^2\text{)}} \\&= 3,97 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}\end{aligned}$$

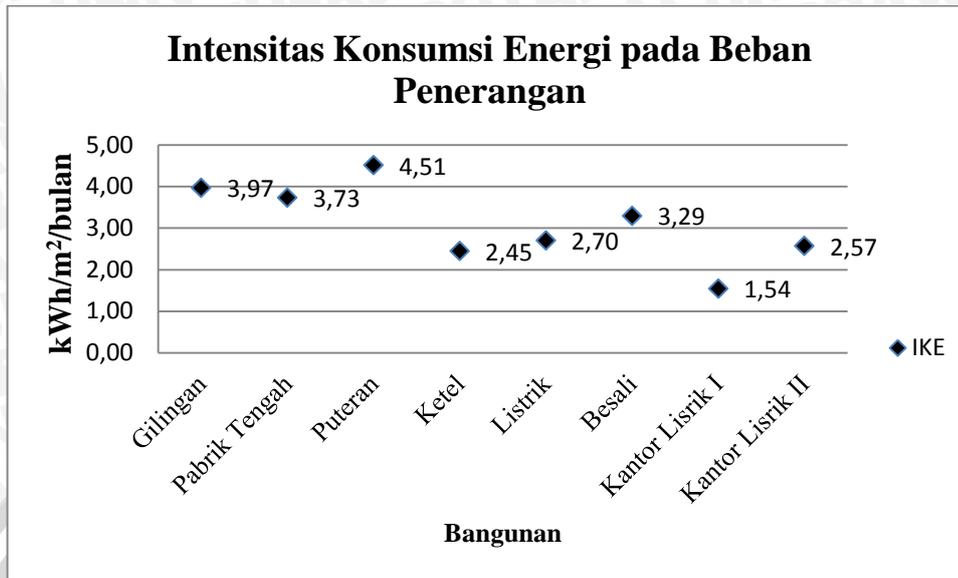
Tabel 4.12 adalah tabel hasil perhitungan konsumsi energi pada beban penerangan dan intensitas konsumsi energi di setiap bangunan yang ada di PT. P.G. Kreet Baru I.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Energi dan Intensitas Konsumsi Energi pada Beban Penerangan

No	Nama Bangunan	Luas (m ²)	W (kWh/bulan)	IKE (kWh/m ² /bulan)
1	Gilingan	2.244,00	8.901,96	3,97
2	Pabrik Tengah	6.908,00	25.767,32	3,73
3	Puteran	3.575,00	16.131,41	4,51
4	Ketel	3.483,00	8.518,06	2,45
5	Listrik	1.000,00	2.696,26	2,70
6	Besali	584,00	1.923,24	3,29
7	Kantor Lisrik I	29,00	44,64	1,54
8	Kantor Lisrik II	52,20	133,92	2,57

Dari Tabel 4.12 didapatkan bahwa konsumsi energi beban penerangan pada beberapa bangunan dapat dikatakan sangat besar karena indeks IKE pada beberapa bangunan termasuk kategori tidak efisien.

Gambar 4.4 adalah penjelasan dari Intensitas Konsumsi Energi pada beban penerangan pada setiap bangunan.



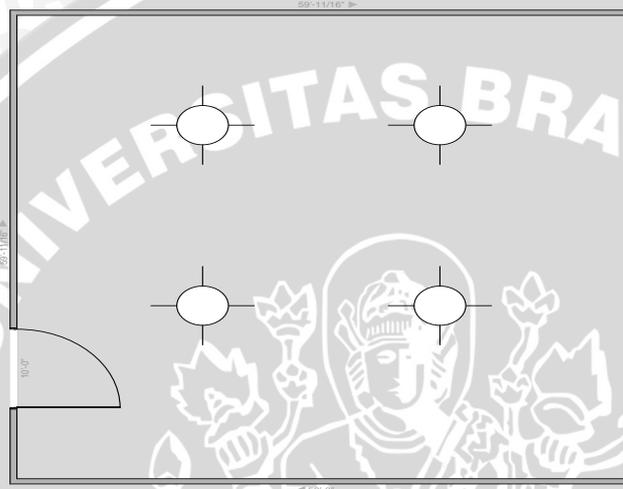
Gambar 4.4 Grafik IKE pada Beban Penerangan

Dari hasil perhitungan pada Gambar 4.4 IKE yang termasuk kategori sangat boros yaitu stasiun gilingan, stasiun pabrik tengah, stasiun puteran dan kantor listrik II karena IKE pada bangunan tersebut melebihi standar yaitu sebesar 3,34 kWh/m²/bulan. Untuk kategori boros pada stasiun listrik dan stasiun besali yang IKEnya melebihi standar sebesar 2,5 kWh/m²/bulan. Untuk stasiun ketel index IKEnya termasuk kategori efisien karena IKEnya masih memenuhi standar yaitu antara 1,67 kWh/m²/bulan sampai dengan 2,5 kWh/m²/bulan. Dan untuk kantor listrik I IKEnya termasuk kategori sangat efisien karena IKEnya masih memenuhi standar yaitu antara 0,84 kWh/m²/bulan sampai dengan 1,67 kWh/m²/bulan. Dapat disimpulkan untuk beban penerangan terdapat peluang penghematan energi yaitu pada stasiun gilingan, stasiun pabrik tengah, stasiun puteran, stasiun besali, kantor listrik II dan kantor listrik.

4.6.2. Perhitungan Intensitas Cahaya dan Kebutuhan Lampu

Pengukuran intensitas cahaya pada lampu dilakukan langsung pada P.G. Krebet Baru I. Pengukuran dilakukan pada penerangan atas karena penerangan atas adalah penerangan utama pabrik pada setiap bangunan. Untuk penerangan bawah tidak bisa dilakukan pengukuran intensitas cahaya dikarenakan penerangan tersebut digunakan untuk menerangi tempat produksi, tempat kerja, dan mesin. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan lux meter.

Pengukuran hanya bisa dilakukan di beberapa tempat yaitu besali, dikarenakan kondisi pabrik sedang melakukan proses produksi dan banyak titik pengukuran berada ditempat yang berbahaya dan tidak bisa dijangkau. Diambil salah satu stasiun sebagai sampel untuk melakukan pengukuran dan perhitungan yaitu pada stasiun besali. Stasiun besali mempunyai panjang 18 m, lebar 18 m, tinggi 10 m. Luas pada stasiun besali adalah 324 m². Stasiun besali adalah bengkel sabut listrik dan tempat reparasi mesin – mesin atau peralatan lainnya. Gambar 4.5 adalah ilustrasi denah instalasi lampu pada Stasiun Besali.



Gambar 4.5 Ilustrasi Denah Instalasi Lampu ML 250 W pada Stasiun Besali 342 m²
 Untuk hasil pengukuran intensitas cahaya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya pada Besali

Titik Pengukuran	I	II	III	Rata – Rata (lux)
1	30	30	30	30,00
2	40	40	40	40,00
3	30	30	40	33,33
4	40	40	40	40,00
5	30	30	30	30,00
6	40	30	40	36,67
7	30	30	40	33,33
8	40	40	40	40,00
9	40	50	40	43,33

Dari hasil pengukuran di atas dapat dihitung intensitas penerangan rata – rata, yaitu sebesar:

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{326,67}{9}$$

$$= 36,29 \text{ Lux}$$

Menurut standar SNI 6197-2000 untuk kuat penerangan pada kawasan industri yang terdapat mesin kerja dan proses umum industri, bahwa kuat penerangan yang direkomendasikan minimum adalah sebesar 100 lux. Hasil pengukuran untuk kuat penerangan rata – rata adalah sebesar 36,29 lux sehingga belum memenuhi standar.

Selanjutnya perlu ditentukan jumlah lampu yang diperlukan dalam suatu ruangan. Ruangan ini menggunakan penerangan langsung sehingga membutuhkan faktor indeks ruangan. Dalam penentuan faktor indeks ruangan dibutuhkan faktor – faktor refleksinya berdasarkan warna dinding (r_w), langit – langit (r_p), dan lantai (r_m). Untuk industri, nilai yang ditentukan oleh *United National Environment Programe* untuk industri kotor adalah sebesar:

Faktor refleksi langit – langit (r_p) : 0,3

Faktor refleksi dinding (r_w) : 0,2

Faktor refleksi lantai (r_m) : 0,1

Perhitungan indeks ruangan menggunakan persamaan (2-7). Karena lampu dipasang pada langit – langit dan bidang kerjanya 0,8 m di atas lantai maka:

$$h = 6 \text{ m} - 0,8 \text{ m} = 5,2 \text{ m}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)} = \frac{18 \times 18}{5,2(18 + 18)} = 1,73$$

Dari nilai k , r_p , r_w , r_m , dapat dihitung efisiensi penerangannya berdasarkan tabel (2-4).

Dalam tabel tampak bahwa:

$$k = 1,5 \quad \eta = 0,51$$

$$k = 2 \quad \eta = 0,55$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, maka untuk nilai $k = 1,73$, efisiensi penerangannya ada sebesar:

$$\eta = 0,51 + \frac{1,73 - 1,5}{2 - 1,5} (0,55 - 0,51) = 0,53$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan banyak lumen dalam satu lampu yang diperlukan sesuai persamaan (2-6), dimana $L_1 \times L_2 = LLF$ (*Light Loss Factor*) yang untuk indutri kotor telah ditetapkan sebesar 0,6.

$$n = \frac{E \times A}{L_u \times LLF \times C_u}$$

$$n = \frac{100 \times 324}{5500 \times 0,6 \times 0,53} = 18,58 \approx 19 \text{ lampu}$$

Dari data perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa untuk ruangan besali dengan luas 324 m² yaitu membutuhkan 19 lampu. Pada kenyataannya kondisi di besali terdapat 4 lampu dan inilah yang menyebabkan intensitas cahayanya tidak memenuhi standar. Menurut sumber dari lapangan, besali tidak membutuhkan penerangan yang terlalu baik dari atap karena sudah terdapat lampu pada alat kerja.

4.6.3. Perhitungan Penghematan Pada Beban Penerangan

Penggunaan lampu *mercury* 500 W, *mercury* 250 W, pijar 300 W, pijar 200 W, dan lampu TL 40 W juga merupakan salah satu bentuk pemoborosan energi listrik karena daya yang besar serta menghasilkan panas yang tinggi pada permukaan lampu dibandingkan dengan lampu SL 80 W dan 65 W. Hal ini yang menyebabkan perlunya rekomendasi pergantian lampu hemat energi. Dengan menggunakan lampu hemat energi diharapkan memenuhi kebutuhan lampu pada masing – masing tempat kerja serta memberikan penghematan pada konsumsi energinya. Tabel 4.14, Tabel 4.15, Tabel 4.16, Tabel 4.17, dan Tebel 4.18 adalah tabel perbandingan konsumsi energi antara penggunaan lampu hemat energi dengan lampu *mercury* 500 W, *mercury* 250 W, pijar 300 W, pijar 200, dan TL 40 W.

Tabel 4.14 Perbandingan Konsumsi Energi Lampu LED 100W dengan Lampu *Mercury* 500 W

Sistem Lampu	Satuan	Lampu ML 500 W	LED 100 W
Konfigurasi	W	1x L 500 W	1 x L 100 W
Lumen lampu	Lm	12.000	13.000
Konsumsi daya per lampu	W	544	100
Usia teknis lampu	Jam	2.000	10.000
Penggunaan lampu dalam masa giling (24 jam x 184 hari)	kWh	2.402.304	441.600
Selisih penggunaan energi tahunan	kWh	-	1.960.704
penghematan energi	%	-	81,62%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan lampu LED 100 W dalam masa penggilingan dapat menghemat sebesar 81,62 % atau 1.960.704,00 kWh. Walaupun harga lampu hemat energi ini mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi listrik dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.15 Perbandingan Konsumsi Energi Lampu *Philips High Lumen Twister Cool White* 80W dengan Lampu *Mercury* 250 W

Sistem Lampu	Satuan	Lampu ML 250 W	<i>Philips High Lumen Twister Cool White</i>
Konfigurasi	W	1x L 250 W	1 x L 80 W
Lumen lampu	Lm	5.500	5.600
Konsumsi daya per lampu	W	277	76
Usia teknis lampu	Jam	2.000	10.000
Penggunaan lampu dalam masa giling (24 jam x 184 hari)	kWh	1.223.232,00	335.616,00
Selisih penggunaan energi tahunan	kWh	-	887.616,00
penghematan energi	%	-	72,56%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *Philips High Lumen Twister Cool White* 80 W dalam masa penggilingan dapat menghemat sebesar 72,56 % atau 887.616,00 kWh. Walaupun harga lampu hemat energi ini mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi listrik dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.16 Perbandingan Konsumsi Energi Lampu *Philips High Lumen Twister Cool White* 65 W dengan Lampu Pijar 300 W

Sistem Lampu	Satuan	Lampu Pijar 300W	<i>Philips High Lumen Twister Cool White</i>
Konfigurasi	W	1x L 300 W	1 x L 65 W
Lumen lampu	Lm	3.800	4000
Konsumsi daya per lampu	W	256	65
Usia teknis lampu	Jam	1.000	10.000
Penggunaan lampu dalam masa giling (24 jam x 184 hari)	kWh	1.130.496	287.040
Selisih penggunaan energi tahunan	kWh	-	843.456
penghematan energi	%	-	74,61%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *Philips High Lumen Twister Cool White* 65 W dalam masa penggilingan dapat menghemat sebesar 74,61 % atau 843.456,00 kWh. Walaupun harga lampu hemat energi ini mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi listrik dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.17 Perbandingan Konsumsi Energi Lampu Philips High Lumen Twister Cool White 45W dengan Lampu Pijar 200 W

Sistem Lampu	Satuan	Lampu Pijar 200W	Philips High Lumen Twister Cool White
Konfigurasi	W	1x L 200 W	1 x L 45 W
Lumen lampu	Lm	2.500	2850
Konsumsi daya per lampu	W	168	45
Usia teknis lampu	Jam	1.000	10.000
Penggunaan lampu dalam masa giling (24 jam x 184 hari)	kWh	2.967.552	794.880
Selisih penggunaan energi tahunan	kWh	-	2.172.672
penghematan energi	%	-	73,21%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *Philips High Lumen Twister Cool White* 45 W dalam masa penggilingan dapat menghemat sebesar 73,21 % atau 2.172.672 kWh. Walaupun harga lampu hemat energi ini mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi listrik dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.18 Perbandingan Konsumsi Energi Philips TL D Eco36W dengan Lampu TL 40 W

Sistem Lampu	Satuan	Lampu TL 40 W	TL D ECO 36 W
Konfigurasi	W	1x L 40 W	1 x L 36 W
Ballast		konvensional	elektrik
Lumen lampu	Lm	2.500	3250
Konsumsi daya per lampu	W	46	32
Usia teknis lampu	Jam	2.000	10.000
Penggunaan lampu dalam masa giling (24 jam x 184 hari)	kWh	812.544	565.248
Selisih penggunaan energi tahunan	kWh	-	247.296
penghematan energi	%	-	30,43%

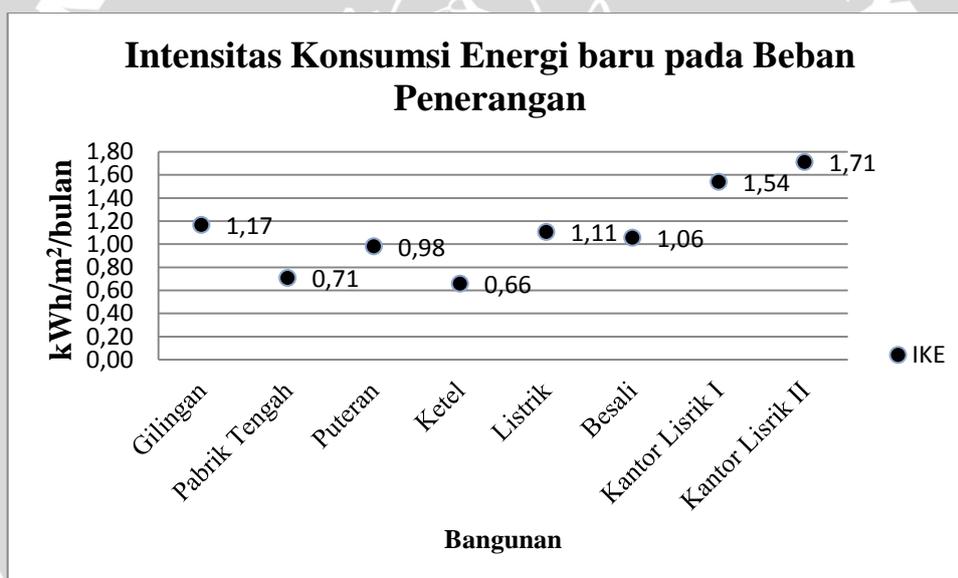
Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan TL D ECO 3 dalam masa penggilingan dapat menghemat sebesar 30,43 % atau 247.296 kWh. Walaupun harga lampu hemat energi ini mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi listrik dapat memberikan penghematan yang besar.

Setelah diketahui perbandingan lampu ML, Pijar dan TL dengan lampu hemat energi dapat dicari intensitas konsumsi energinya lagi pada setiap stasiun. Tabel 4.19 adalah tabel hasil perhitungan konsumsi energi pada beban penerangan setelah diadakan penghematan dan intensitas konsumsi energi baru di setiap bangunan.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Energi dan Intensitas Konsumsi Energi pada Beban Penerangan

No	Nama Stasiun	Luas (m ²)	W (kWh/bulan)	IKE (kWh/m ² /bulan)
1	Gilingan	2.244,00	2.617,89	1,17
2	Pabrik Tengah	6.908,00	4.873,20	0,71
3	Puteran	3.575,00	3.499,78	0,98
4	Ketel	3.483,00	2.292,26	0,66
5	Listrik	1.000,00	1.105,58	1,11
6	Besali	584,00	616,78	1,06
7	Kantor Lisrik I	29,00	44,64	1,54
8	Kantor Lisrik II	52,20	89,28	1,71

Dari Tebel 4.19 dapat disimpulkan setelah dilakukan pergantian lampu pada beban penerangan konsumsi energi dan IKEnya menjadi lebih kecil dan termasuk kategori efisien. Gambar 4.6 adalah grafik IKE yang baru setelah diadakan penggantian lampu hemat energi adalah.



Gambar 4.6 Grafik IKE Baru pada Beban Penerangan

Dari hasil pergantian lampu didapatkan IKE baru dan hasil dari IKE baru rata – rata untuk seluruh stasiun dalam kategori sangat efisien karena indek IKEnya antara 0,84 kWh/m²/bulan sampai 1,67 kWh/m²/bulan dan untuk kantor termasuk kategori efisien karena indek IKEnya antara 1,67 kWh/m²/bulan sampai 2,5 kWh/m²/bulan.

4.7. Analisis pada Beban AC

Penggunaan AC (*Air Conditioning*) yang bersumber dari PLN 865 kVA terdapat pada ruangan panel *Boiler*, panel *Asea*, dan Kantor Listrik. Pengambilan data AC pada tanggal 20 Desember 2013. Data yang diambil adalah p, l, t, kapasitas AC, dan jenis AC. Tabel 4.20 adalah penjelasan dari data ruangan dan penggunaan AC.

Tabel 4.20 Data Ruangan dan Penggunaan AC

No	Ruangan	p (m)	l (m)	t (m)	Kapasitas AC	Jenis AC	Operasi (jam)
1	Panel <i>Boiler</i>	10,0	3,0	3,0	42.000 Btu/h	<i>Stand</i>	24
2	Panel <i>Asea</i>	15,0	3,0	3,0	42.700 Btu/h	<i>Stand</i>	24
3	Kantor Listrik	5,8	5,0	3,0	9.000 Btu/h	<i>Splite</i>	9



Gambar 4.7 Penempatan AC pada Panel *Boiler* dan Panel ASEA

Sumber : P.G. Kreet Baru I, 2013

Penggunaan AC pada seluruh ruangan untuk menentukan suhu pendinginnya sesuai dengan kebutuhan masing – masing orang yang berada pada ruangan tersebut. Dari pengamatan suhu yang digunakan rata – rata sebesar 25⁰ C. Pada panel boiler dan panel asea beroperasi 24 jam dikarenakan untuk menjaga dari perubahan suhu pada panel maupun kabel – kabel penghubung.

4.7.1. Perhitungan Konsumsi Energi terhadap AC

Untuk menghitung intensitas konsumsi energi terhadap AC perlu diketahui jumlah energi yang digunakan dalam kurun waktu tertentu dan luas ruangan atau bangunan. Untuk mengetahui energi yang digunakan pada AC dapat menggunakan tegangan terukur dan arus. Pengukuran AC dilakukan pada panel AC. Panel AC hanya terdapat pada panel *boiler*, panel Asea dan Kantor listrik. Tabel 4.21 adalah hasil dari pengukuran panel AC yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.21 Pengukuran Tegangan dan Arus pada AC

No	Ruangan	Fasa	Tegangan (V)	I (A)
1	Panel Boiler	R	210,5	6,0
		S	205,6	6,3
		T	206,1	7,3
2	Panel Asea	R	209,8	9,2
		S	204,6	7,7
		T	205,0	6,8
3	Kantor Listrik	1 fasa	210,3	4,1

Dari Tabel 4.21 maka dapat dilakukan perhitungan total daya pada beban. Diambil salah satu contoh perhitungan daya pada panel *boiler* dengan menggunakan persamaan (2-9):

$$P = V \times I \times \cos \Phi$$

a. Fasa R

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 210,5 \times 6,0 \times 0,97 \\ &= 1.225,11 \text{ W} \end{aligned}$$

b. Fasa S

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 205,6 \times 6,0 \times 0,97 \\ &= 1.256,42 \text{ W} \end{aligned}$$

c. Fasa T

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \Phi \\ &= 206,1 \times 7,3 \times 0,97 \\ &= 1.459,39 \text{ W} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui daya totalnya dapat dihitung besar energi yang digunakan selama perjamnya dengan menggunakan persamaan (2-4) yaitu :

$$W = P \times t$$

a. Fasa R

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 1.225,11 \times 24 \\ &= 29.402,6 \text{ Wh} = 29,4026 \text{ kWh} \end{aligned}$$

b. Fasa S

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 1.256,42 \times 24 \\ &= 30.154,1 \text{ Wh} = 30,1541 \text{ kWh} \end{aligned}$$

c. Fasa T

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 1.459,39 \times 24 \\ &= 35.025,5 \text{ Wh} = 35,0255 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Energi yang dihabiskan selama satu hari adalah:

$$\begin{aligned} W_{\text{gilinganperhari}} &= (29,4026) + (30,1541) + (35,0255) \\ &= 94,5822 \text{ kwh/hari} \end{aligned}$$

Intensitas Konsumsi Energi pada bangunan tersebut dapat dicari dengan persamaan (2-2) yaitu:

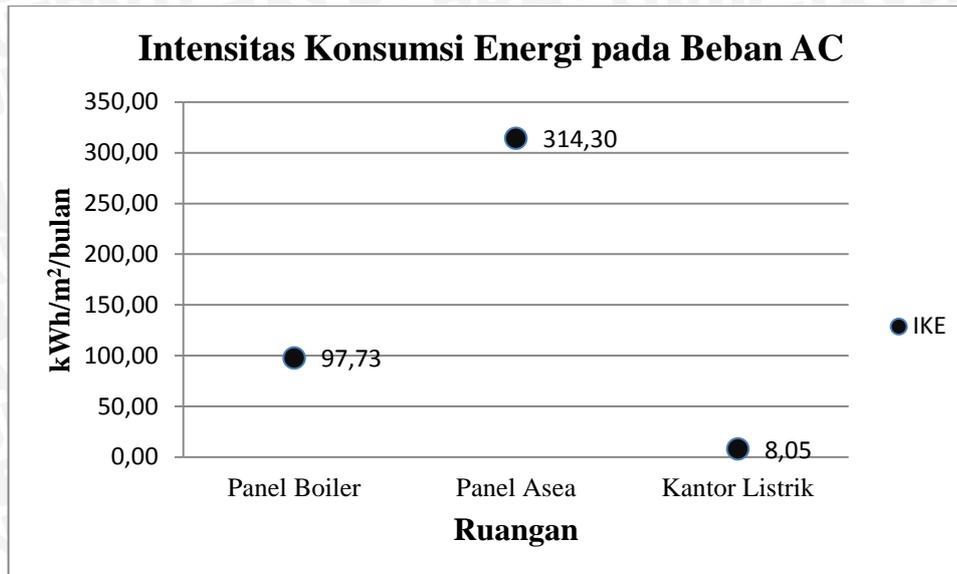
$$\begin{aligned} \text{IKE}(\text{kWh/m}^2) &= \frac{\text{total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas lantai total (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{94,5822 \times 31}{30 (\text{m}^2)} \\ &= 97,735 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan} \end{aligned}$$

Tabel 4.22 adalah hasil perhitungan dari konsumsi energi pada AC :

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Konsumsi Energi dan IKE beban AC

Ruangan	kWh/hari	kWh/bulan	IKE
Panel Boiler	94,58	2.932,05	97,73
Panel Asea	456,25	14.143,72	314,30
Kantor Listrik	7,53	233,35	8,05

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi pada panel Boiler dan panel Asea termasuk kategori boros karena indek IKEnya besar.



Gambar 4.8 Grafik IKE pada Beban AC

Gambar 4.8 adalah grafik intensitas konsumsi energi beban AC terhadap ruangan. Dari grafik dapat dilihat yang termasuk kategori sangat boros adalah panel *boiler* dan panel *asea* karena IKE pada ruangan tersebut melebihi standar yaitu sebesar 37,5 kWh/m²/bulan. Pada kantor listrik menurut standar IKE termasuk kategori efisien karena nilai IKEnya diantara 7,93 kWh/m²/bulan dan 12,08 kWh/m²/bulan. Dapat disimpulkan untuk beban AC terdapat peluang penghematan energi yaitu pada ruangan panel *boiler* dan panel *asea*.

4.7.2. Perhitungan terhadap Kapasitas AC

Untuk menentukan besar kapasitas AC pada ruangan dapat diketahui dengan menggunakan rumus pada persamaan (2-14). Diambil salah satu sampel yaitu pada ruangan panel *Boiler* :

$$\begin{aligned}
 PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} &= P \times L \times 500 \\
 &= 10 \times 3 \times 500 = 15.000 \text{ BTU/h}
 \end{aligned}$$

Untuk kapasitas AC 1 PK setara dengan 9.000 Btu/h maka PK_{AC} yang dibutuhkan ialah:

$$\begin{aligned}
 PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{15.000}{9000} \\
 &= 1,66 \text{ PK}
 \end{aligned}$$



Maka hasil perhitungan untuk menentukan kapasitas AC yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.23 di bawah ini:

Tabel 4.23 Perhitungan Kapasitas AC yang Dibutuhkan

No	Ruangan	Volume (m ³)	Kapasitas AC (PK)	Kapasitas AC dibutuhkan (PK)	Kondisi
1	Panel <i>Boiler</i>	90,0	5	1,67	+3,33
2	Panel Asea	135,0	20 (4 x 5)	2,50	+17,50
3	Kantor Listrik	87,0	1	1,61	+0,61

Pada ruangan panel *boiler* AC yang terpasang sebesar 4 x 5 PK sedangkan kapasitas AC yang dibutuhkan sebesar 1,67 PK, berarti kelebihan 18,33 PK. Pada ruangan panel Asea AC yang terpasang sebesar 20 PK sedangkan kapasitas AC yang dibutuhkan sebesar 2,5 PK, berarti kelebihan 17,5 PK. Pada ruangan kantor listrik AC yang terpasang sebesar 1 PK dan kapasitas AC yang dibutuhkan sebesar 1,61 PK, berarti pada ruangan tersebut kurang 0,61 PK. Dari hasil penjelasan dapat disimpulkan bahwa kondisi penggunaan AC pada ruangan tersebut masih belum sesuai kebutuhan.

4.7.3. Perhitungan Penghematan Pada AC

Penggunaan AC standar dengan kapasitas besar dan pemasangan AC yang tidak merata dapat menyebabkan pemborosan energi listrik dan pendinginan yang tidak merata pada sebuah ruangan. Penghematan energi pada AC dapat dilakukan karena dari hasil pengamatan lapangan pada kapasitas AC yang dibutuhkan dan intensitas konsumsi energi masih belum sesuai dengan hasil perhitungan. Hal tersebut yang menjadikan pertimbangan untuk mengganti AC standar dengan AC *inverter*. Penggunaan AC hemat energi yang terdapat *inverter* dapat mengurangi konsumsi energi dan dapat membuat pendinginan merata. Perbandingan konsumsi energi AC hemat energi menggunakan teknologi *inverter* 1 PK – 2,5 PK terhadap AC stand 5 PK yang digunakan pada ruang panel *boiler* dan Asea dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan Tabel 4.25.

Tabel 4.24 Perbandingan Konsumsi Energi AC *Stand* 5 PK dengan AC *Inverter* untuk Panel *Boiler*

Sistem AC	Satuan	AC <i>Stand</i> 5 PK	AC <i>inverter</i> 1 PK	AC <i>inverter</i> 1,5 PK	AC <i>inverter</i> 2 PK	AC <i>inverter</i> 2,5 PK
Suhu	°C	25	25	25	25	25
Jumlah	buah	1	1	1	1	1
Konsumsi daya per AC	W	3.940,93	730	1.010	1.440	1.880
Penggunaan AC dalam masa giling (184 hari x 24 jam)	Jam	4.416	4.416	4.416	4.416	4.416
Konsumsi energi per giling	kWh	17.403,129	3.223,68	4.460,16	6.359,04	8.302,08
Penghematan energi	kWh	-	14.179,45	12.942,97	11.044,09	9.101,05
Penghematan energi dalam %	%	-	81,48%	74,37%	63,46%	52,30%
IKE	kWh/m ² /bulan	97,73	18,10	25,04	35,71	46,62

Dari tabel 4.22 menunjukkan bahwa dengan menggunakan AC hemat energi pada suhu 25 °C yang dianjurkan oleh pemerintah dapat memberikan penghematan terhadap penggunaan energi listrik. Penggunaan AC hemat energi 1 PK memberikan penghematan sebesar 81,48 % atau sebesar 4.179,45 kWh dengan IKE sebesar 18,10 kWh/m²/bulan, AC 1,5 PK memberikan penghematan sebesar 74,37 % atau sebesar 12.942,97 kWh dengan IKE sebesar 25,04 kWh/m²/bulan, AC 2 PK memberikan penghematan sebesar 63,46 % atau sebesar 1.044,09 kWh dengan IKE sebesar 35,71 kWh/m²/bulan, dan AC 2,5 PK memberikan penghematan sebesar 52,30 % atau sebesar 9.101,05 kWh dengan IKE sebesar 46,62 kWh/m²/bulan. Dari hasil penghematan IKE masih tergolong boros namun hal ini dianggap sudah cukup baik karena IKEnya menurun dan fungsi ruangan yang membuat kebutuhan kapasitas AC tinggi yaitu menjaga panel agar dalam suhu normal.

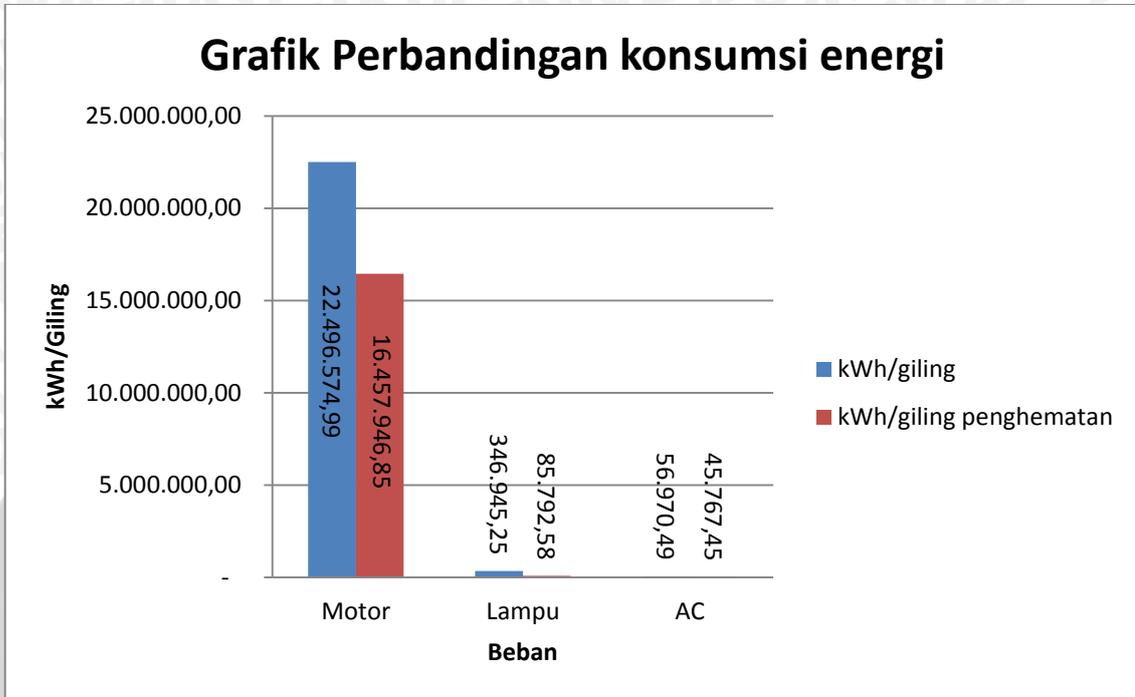
Tabel 4.25 Perbandingan Konsumsi Energi AC *Stand* 5 PK dengan AC *Inverter* untuk Panel ASEA

Sistem AC	Satuan	AC <i>Stand</i> 5 PK	AC <i>inverter</i> 1 PK	AC <i>inverter</i> 1,5 PK	AC <i>inverter</i> 2 PK	AC <i>inverter</i> 2,5 PK
Suhu	°C	25	25	25	25	25
Jumlah AC	buah	4	4	4	4	4
Konsumsi daya per AC	W	4.752,59	730	1.010	1.440	1.880
Penggunaan AC dalam masa giling (24 x 184)	Jam	4.416	4.416	4.416	4.416	4.416
Konsumsi energi per giling	kWh	83.949,80	12.894,72	17.840,64	25.436,16	33.208,32
Penghematan energi per giling	kWh	-	71.055,08	66.109,16	58.513,64	50.741,48
penghematan energi dalam %	%	-	84,64%	78,75%	69,70%	60,44%
IKE	kWh/m ² bulan	314,3	48,3	66,8	95,2	124,3

Dari tabel 4.23 menunjukkan bahwa dengan menggunakan AC hemat energi pada suhu 25 °C yang dianjurkan oleh pemerintah dapat memberikan penghematan terhadap penggunaan energi listrik. Penggunaan AC hemat energi 1 PK memberikan penghematan sebesar 84,64 % atau sebesar 71.055,08 kWh dengan IKE sebesar 48,3 kWh/m²/bulan, AC 1,5 PK memberikan penghematan sebesar 78,75 % atau sebesar 66.109,16 kWh dengan IKE sebesar 66,8 kWh/m²/bulan, AC 2 PK memberikan penghematan sebesar 69,70 % atau sebesar 58.513,64 kWh dengan IKE sebesar 95,2 kWh/m²/bulan dan AC 2,5 PK memberikan penghematan sebesar 60,44 % atau sebesar 50.741,48 kWh dengan IKE sebesar 124,3 kWh/m²/bulan. Dari hasil penghematan, IKE masih tergolong boros namun hal ini dianggap sudah cukup baik karena IKEnya menurun dan fungsi ruangan yang membuat kebutuhan kapasitas AC tinggi yaitu menjaga panel agar dalam suhu normal.

4.8. Total Penghematan pada Pembebanan di P.G. Krobot Bru I

Gambar 4.9 adalah grafik perbandingan konsumsi energi sebelum penghematan dan setelah penghematan yang didapat dari perhitungan dan analisis pada beban-beban berupa motor non *inverter*, AC, dan lampu.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Konsumsi Energi setelah ada Penghematan

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi pada motor setelah penghematan adalah 16.457.946,85 kWh/giling dengan selisih 6.038.628,14 kWh/giling atau sebesar 26,84%. Untuk lampu setelah penghematan adalah 85.792,58 kWh/giling dengan selisih 261.152,67 kWh/giling atau sebesar 75,27%. Untuk AC setelah penghematan adalah 45.767,45 kWh/giling dengan selisih 11.203,03 kWh/giling atau sebesar 19,66%. Total penghematan yang dilakukan adalah 26,94% atau sebesar 6.310.983,84 kWh/giling.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis dari usaha penghematan energi pada P.G. Kreet Baru I didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsumsi Energi Spesifik (KES) pada tahun 2012 adalah 0,55GJ/ton produksi sedangkan Konsumsi Energi Spesifik (KES) pada tahun 2013 adalah 0,92 GJ/ton produksi. Kondisi kelistrikan pada P.G. Kreet Baru I pada tahun 2013 dibandingkan dengan tahun sebelumnya adalah lebih boros dan tidak memenuhi standar KES yaitu 0,6 GJ/ton produksi.
2. IKE pada beban lampu dan AC ditemukan keadaan yang belum sesuai standar, di antaranya adalah sebagai berikut:
 - a. IKE terhadap beban penerangan yang termasuk kategori sangat boros yaitu stasiun gilingan, stasiun pabrik tengah, stasiun puteran dan kantor listrik II karena IKE pada bangunan tersebut melebihi standar yaitu sebesar 3,34 kWh/m²/bulan. Untuk kategori boros pada stasiun listrik dan stasiun besali yang IKEnya melebihi standar sebesar 2,5 kWh/m²/bulan.
 - b. IKE terhadap beban AC pada panel ASEA dan Panel *Boiler* adalah 314,3 kWh/m²/bulan dan 97,73 kWh/m²/bulan termasuk kategori sangat boros.
3. Terdapat potensi penghematan energi listrik dikarenakan IKE pada lampu dan AC masih banyak yang belum memenuhi standar dan tindakan efisiensi energi listrik di antaranya adalah:
 - a. Menambah penggunaan *frequency inverter* pada motor-motor yang melayani beban yang berubah-ubah dapat menghemat konsumsi energi listrik. Dengan melakukan penambahan *inverter* pada didapatkan penghematan energi listrik per giling sebesar 6.038.628,14 kWh atau 26,84%.
 - b. Menggunakan lampu hemat energi dan *ballast* elektronik karena dapat menghemat energi listrik sebesar 81,62% untuk lampu LED 100W, 72,56% untuk lampu Philips *High Lumen Twister Cool White* 80W, 74,61% untuk Philips *High Lumen Twister Cool White* 65W, 73,21% untuk Philips *High Lumen Twister Cool White* dan TL D ECO 38W.
 - c. Melakukan pergantian dengan AC hemat energi berteknologi *inverter* untuk panel *boiler* mendapatkan penghematan sebesar 81,48% untuk AC *inverter* 1

PK, 74,37% untuk AC *inverter* 1,5 PK, 63,64% untuk AC *inverter* 2 PK, dan 52,30% untuk AC *inverter* 2,5 PK dan untuk panel ASEA mendapatkan penghematan sebesar 84,64% untuk AC *inverter* 1 PK, 77,85% untuk AC *inverter* 1,5 PK, 69,70% untuk AC *inverter* 2 PK, dan 60,44% untuk AC *inverter* 2,5 PK

5.2. Saran

Dari kesimpulan di atas usaha penghematan energi listrik didapatkan beberapa saran untuk melakukan upaya penghematan energi ke depannya, yaitu:

1. Melakukan pengecekan dan pemeliharaan secara teratur terhadap beban – beban listrik.
2. Melakukan perencanaan dan perancangan untuk menggunakan energi dalam masa giling berikutnya.
3. Diperlukan pengkajian yang lebih mendalam untuk mengetahui hal apa saja yang mempengaruhi penghematan energi pada motor.
4. Menggunakan AC berteknologi *inverter*
5. Menggunakan lampu hemat energi atau LED untuk mendapatkan penghematan dalam konsumsi energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

-,2013. Wilayah Pabrik Gula Kreet Baru Bululawang Malang. P.G. Kreet Baru I
Diambil 20 Desember 2013.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-6196-2000, Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. *SNI-03-6197-2000, Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan*. Jakarta: BSN.
- Elyza, R., Hulaiyah, Y., Salim, N. & Iswarayoga N. 2005. *Efisiensi Energi Di Hotel*. Jakarta: Yayasan Pelangi.
- Harten, Van P. 1895. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Trimitra Mandiri.
- Mismail, B. 1995. *Rangkaian listrik jilid 1*. Bandung: ITB.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14. 2012. *Manajemen Energi*. Jakarta: Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 . 2009. *Tentang Konservasi Energi* Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Pabla, S.1994, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1994.
- Standars New Zealand. 2000. AS/NZS 3598:2000, *Energi Audits*. SIDNEY: SNZ
- Susanta, G. & Agustoni, S. 2007. *Kiat Hemat Bayar listrik*. Bogor: Griya Kreasi.
- Thumann, Albert,P.E.,C.E.M. & William J. Younger, C.E.M. 2003. *Handbook Of Energi Audits Sixth Edition*, Georgia: The Fairmont Press, inc.
- United Nation Environment Programme. 2006. *Energy Efficiency Guide For Industry in Asia,Chapter Electric Motor*. India: UNEP.
- United Nation Environment Programme. 2006. *Energy Efficiency Guide For Industry in Asia,Chapter Lighting*. India: UNEP.
- United Nations Industrial Development Organization. 2010.*Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking, An Energy Policy Tool*. Austria: UNINDO.
- Werner Eggon Geraldo . 2009. *Induction Motors Fed By PWM Frequency Inverters*. Brazil: WEG.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran pada MDP

Sumber	Waktu	Fasa	V(v)	I(a)	Cos Φ
Panel Gilingan	16/12/2013 07:00:00	R	219,30	582,50	0,84
		S	222,50	600,30	0,84
		T	222,90	622,70	0,84
	16/12/2013 15:00:00	R	219,20	600,10	0,85
		S	221,30	634,10	0,85
		T	222,50	625,60	0,85
	16/12/2013 23:00:00	R	219,70	643,90	0,83
		S	222,50	631,50	0,83
		T	222,80	626,90	0,83
Pabrik Tengah	16/12/2013 07:00:00	R	222,10	1.075,00	0,72
		S	219,50	1.122,00	0,72
		T	222,00	1.090,00	0,72
	16/12/2013 15:00:00	R	219,40	1.054,00	0,74
		S	219,00	1.137,00	0,74
		T	222,00	1.110,00	0,74
	16/12/2013 23:00:00	R	220,00	1.100,00	0,74
		S	216,50	1.150,00	0,74
		T	219,70	1.110,00	0,74
Conti	16/12/2013 07:00:00	R	219,70	497,50	0,95
		S	223,00	506,50	0,95
		T	222,90	470,90	0,95
	16/12/2013 15:00:00	R	220,10	358,30	0,79
		S	222,60	373,30	0,79
		T	223,00	317,50	0,79
	16/12/2013 23:00:00	R	219,10	453,50	0,9
		S	223,20	493,20	0,9
		T	222,00	435,70	0,9
Asea	16/12/2013 07:00:00	R	224,50	160,10	0,44
		S	220,50	160,00	0,43
		T	222,60	166,60	0,51
	16/12/2013 15:00:00	R	225,20	222,40	0,75
		S	223,90	243,70	0,81
		T	222,20	227,40	0,72
	16/12/2013 23:00:00	R	225,10	505,80	0,87
		S	221,50	546,50	0,9
		T	224,20	445,50	0,92

Sumber	Waktu	Fasa	V(v)	I(a)	Cos Φ
Talang Goyang	16/12/2013 07:00:00	R	223,00	425,50	0,55
		S	223,00	431,50	0,55
		T	223,00	415,60	0,55
	16/12/2013 15:00:00	R	223,10	400,00	0,55
		S	223,20	406,00	0,55
		T	223,10	395,50	0,55
	16/12/2013 23:00:00	R	223,00	396,00	0,55
		S	223,30	402,70	0,55
		T	223,20	390,20	0,55
WS	16/12/2013 07:00:00	R	224,90	75,50	0,98
		S	222,80	79,10	0,98
		T	224,50	84,70	0,98
	16/12/2013 15:00:00	R	223,20	250,50	0,98
		S	221,50	233,70	0,98
		T	222,00	264,90	0,98
	16/12/2013 23:00:00	R	223,00	600,30	0,98
		S	220,90	627,90	0,98
		T	222,90	677,20	0,98
Cool Tower	16/12/2013 07:00:00	R	222,10	1.151,00	0,96
		S	220,50	1.050,00	0,96
		T	223,10	1.077,00	0,96
	16/12/2013 15:00:00	R	225,60	1.174,00	0,96
		S	233,00	1.042,00	0,96
		T	224,10	1.068,00	0,96
	16/12/2013 23:00:00	R	224,40	1.163,00	0,96
		S	222,10	1.066,00	0,96
		T	224,60	1.072,00	0,96
Cheng Chen	16/12/2013 07:00:00	R	219,00	700,00	0,85
		S	223,00	705,50	0,85
		T	222,70	690,80	0,85
	16/12/2013 15:00:00	R	220,40	684,30	0,85
		S	222,90	719,30	0,85
		T	223,10	699,00	0,85
	16/12/2013 23:00:00	R	220,00	711,10	0,86
		S	222,90	727,80	0,86
		T	222,90	715,60	0,86



Sumber	Waktu	Fasa	V(v)	I(a)	Cos Φ
Yoshimene 2	16/12/2013 07:00:00	R	219,50	576,00	0,85
		S	222,20	620,00	0,85
		T	222,10	591,80	0,85
	16/12/2013 15:00:00	R	220,00	575,00	0,85
		S	222,70	621,40	0,85
		T	222,20	600,30	0,85
	16/12/2013 23:00:00	R	218,70	579,00	0,85
		S	222,10	620,90	0,85
		T	222,10	599,00	0,85
Injec Lama + Nash	16/12/2013 07:00:00	R	218,00	1.031,00	0,84
		S	218,70	1.101,00	0,84
		T	220,00	1.059,00	0,84
	16/12/2013 15:00:00	R	220,70	1.182,00	0,84
		S	219,50	1.250,00	0,84
		T	222,20	1.190,00	0,84
	16/12/2013 23:00:00	R	219,00	1.187,00	0,84
		S	217,30	1.240,00	0,84
		T	226,50	1.188,00	0,84
Injec Baru	16/12/2013 07:00:00	R	220,50	539,10	0,8
		S	218,90	559,50	0,8
		T	225,50	543,20	0,8
	16/12/2013 15:00:00	R	224,00	530,90	0,8
		S	222,20	546,70	0,8
		T	223,50	529,80	0,8
	16/12/2013 23:00:00	R	224,90	536,10	0,8
		S	223,50	547,60	0,8
		T	223,70	533,80	0,8
Bagasse Dryer	16/12/2013 07:00:00	R	219,70	288,20	0,8
		S	222,50	301,50	0,8
		T	225,50	322,60	0,8
	16/12/2013 15:00:00	R	220,30	291,40	0,8
		S	221,90	315,30	0,8
		T	223,50	340,20	0,8
	16/12/2013 23:00:00	R	219,10	274,90	0,8
		S	220,80	299,50	0,8
		T	222,00	317,10	0,8

Sumber	Waktu	Fasa	V(v)	I(a)	Cos Φ
Crane Meja Tebu	16/12/2013 07:00:00	R	220,00	400,30	0,85
		S	221,60	421,10	0,85
		T	223,00	443,20	0,85
	16/12/2013 15:00:00	R	219,70	225,40	0,85
		S	221,60	237,00	0,85
		T	222,40	266,30	0,85
	16/12/2013 23:00:00	R	219,10	428,20	0,85
		S	222,20	444,40	0,85
		T	222,90	451,70	0,85
pam	16/12/2013 07:00:00	R	219,70	121,10	0,9
		S	223,30	133,10	0,9
		T	222,50	110,70	0,9
	16/12/2013 15:00:00	R	220,30	138,20	0,9
		S	222,80	150,60	0,9
		T	223,00	122,70	0,9
	16/12/2013 23:00:00	R	219,10	125,20	0,9
		S	223,00	139,10	0,9
		T	222,00	108,90	0,9
Penerangan Pabrik	16/12/2013 07:00:00	R	210,50	136,10	0,97
		S	204,80	193,70	0,97
		T	205,00	172,40	0,97
	16/12/2013 15:00:00	R	208,70	153,10	0,97
		S	207,30	210,40	0,97
		T	201,50	187,10	0,97
	16/12/2013 23:00:00	R	206,90	164,00	0,97
		S	205,10	214,30	0,97
		T	202,20	206,80	0,97



Lampiran 2a Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Pabrik Tengah

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
1	P. Vacuum P. Masak 1-5	Non - Inverter	110,00	384,73	147,20	0,95	84,26	115,79	72,77	80,05
2	P. Vacuum P. Masak 6-11	Non - Inverter	160,00	384,73	261,30	0,95	151,31	168,42	89,84	143,74
3	P. Injeksi P. Panas	Non - Inverter	350,00	384,57	555,30	0,96	328,80	365,34	92,43	314,99
4	P. Injeksi P. Panas 6-11	Non - Inverter	280,00	378,37	417,00	0,95	242,93	293,50	90,00	231,76
5	P. Vacuum R.A	Non - Inverter	250,00	384,73	367,90	0,95	205,69	262,05	78,49	196,23
6	P. Vacuum Pancingan	Non - Inverter	80,00	384,73	256,40	0,95	148,47	168,42	88,15	141,05
7	P. Vacuum PP-PM	Non - Inverter	160,00	384,73	122,60	0,95	70,99	79,37	89,45	67,09
8	P. Vacuum Pancingan	Non - Inverter	75,00	384,73	122,60	0,95	70,99	79,37	89,45	67,09
9	P. Kondensat K Masinis 1	Non - Inverter	18,50	384,73	17,20	0,92	9,16	20,02	45,74	8,46
10	P. Kondensat K Masinis 3	Non - Inverter	35,00	384,73	49,10	0,93	26,14	37,63	69,47	24,31
11	P. Rota Barat Jengongan	Non - Inverter	37,00	384,73	49,10	0,93	28,43	39,78	71,46	26,44
12	P. Rota Tengah	Non - Inverter	37,00	384,73	49,10	0,93	28,43	39,78	71,46	26,44
13	P. Rota Timur	Non - Inverter	30,00	384,73	29,40	0,93	16,44	32,26	50,96	15,29
14	P. Coller Trog	Non - Inverter	11,00	384,73	18,40	0,91	10,41	12,09	86,12	9,47
15	P. Kondensate Trog barat 1	Non - Inverter	15,00	384,73	22,10	0,92	12,50	16,23	77,02	11,55
16	P. Kondensate Trog barat 2	Non - Inverter	30,00	384,73	27,00	0,93	15,28	32,26	47,35	14,21
17	P. Kondensate Trog barat 3	Non - Inverter	37,00	384,73	55,20	0,93	31,96	39,78	80,34	29,73
18	P. Trog timur 6,7,8,9	Non - Inverter	7,50	384,73	8,60	0,91	4,87	8,24	59,03	4,43
19	P. Trog barat 1-5	Non - Inverter	7,50	384,73	9,80	0,91	5,54	8,24	67,27	5,05
20	P. Trog timur 10,11,12,13	Non - Inverter	7,50	384,73	11,00	0,91	5,86	8,24	71,07	5,33
21	P. Nira kental 1	Non - Inverter	37,00	384,73	61,30	0,93	35,50	39,78	89,22	33,01
22	P. Nira Diksap	Non - Inverter	55,00	384,73	61,30	0,94	34,68	58,45	59,34	32,63
23	P. Rowsap 2	Non - Inverter	50,00	384,73	76,00	0,94	40,47	53,13	76,16	38,08
24	P. Clear Juice	Non - Inverter	55,00	384,73	61,30	0,94	32,64	58,45	55,84	30,71

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
25	Kondensat P. Panas 1	Non - Inverter	11,00	384,73	17,10	0,91	9,67	12,09	80,03	8,80
26	Kondensat P. Panas 2	Non - Inverter	22,00	384,73	24,50	0,92	13,86	23,81	58,22	12,81
27	P. Deficator 1	Non - Inverter	22,00	384,73	24,50	0,92	13,86	23,81	58,22	12,81
28	P. Deficator 2	Non - Inverter	37,00	384,73	45,40	0,93	25,69	39,78	64,56	23,89
29	P. Kapur 1	Non - Inverter	11,00	384,73	11,90	0,91	6,34	12,09	52,42	5,77
30	P. Kapur 2	Non - Inverter	22,00	384,73	27,00	0,92	14,38	23,81	60,38	13,28
31	P. Mixer Kapur 1	Non - Inverter	7,50	384,73	6,10	0,91	3,45	8,24	41,87	3,14
32	P. Mixer Kapur 2	Non - Inverter	11,00	384,73	10,80	0,91	6,25	12,09	51,74	5,69
33	P. RBS 1	Non - Inverter	5,00	384,73	4,30	0,90	2,43	5,59	43,55	2,18
34	P. RBS 2	Non - Inverter	11,00	384,73	4,30	0,91	2,29	12,09	18,94	2,08
35	P. Conveyor Blotong Door	Non - Inverter	7,50	384,73	2,90	0,91	1,64	8,24	19,91	1,49
36	P. Mixer Blotong	Non - Inverter	7,50	384,73	3,20	0,91	1,87	8,24	22,74	1,71
37	P. Centre Blotong	Non - Inverter	7,50	384,73	2,90	0,91	1,70	8,24	20,61	1,55
38	P. Mimbran door	Non - Inverter	7,50	384,73	3,40	0,91	1,92	8,24	23,34	1,75
39	P. Filter door	Non - Inverter	5,50	384,73	2,20	0,90	1,27	6,15	20,73	1,14
40	P. Vacuum Door 1	Non - Inverter	50,00	384,73	42,90	0,94	24,27	53,13	45,68	22,84
41	P. Vacuum Door 2	Non - Inverter	75,00	384,73	73,60	0,95	39,19	79,37	49,38	37,03
42	P. Kompresor 1	Non - Inverter	35,00	384,73	61,30	0,93	34,68	37,63	92,15	32,25
43	P. Kompresor 2	Non - Inverter	50,00	384,73	79,70	0,94	45,09	53,13	84,86	42,43
44	P. Filtrit	Non - Inverter	11,00	384,73	14,60	0,91	8,45	12,09	69,94	7,69
45	P. Filtrit	Non - Inverter	11,00	384,73	14,60	0,91	8,45	12,09	69,94	7,69

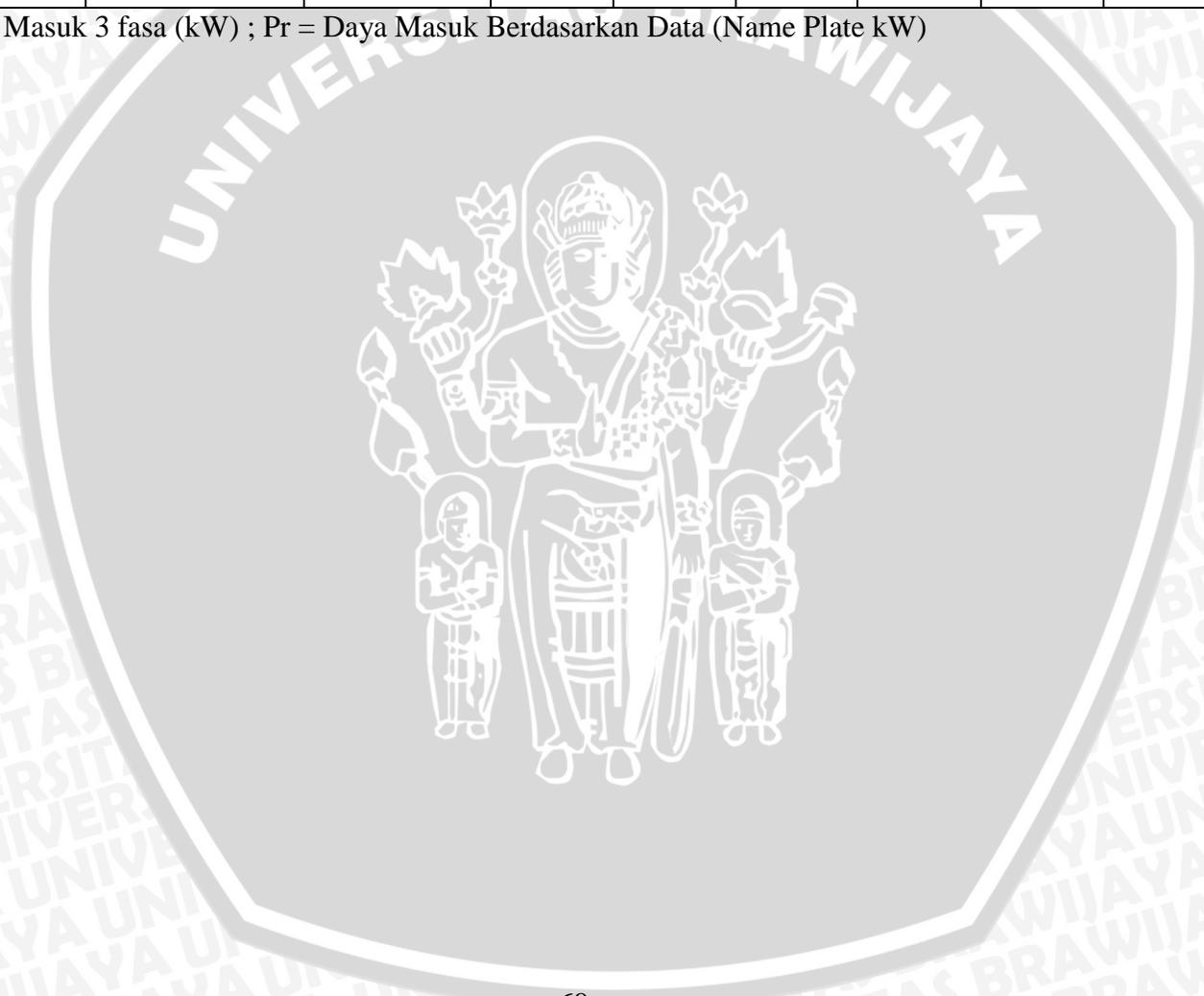
Keterangan: Pi = Daya Masuk 3 fasa (kW) ; Pr = Daya Masuk Berdasarkan Data (Name Plate kW)

Lampiran 2b Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Puteran (Panel Conti)

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
1	Conti I (HL)	Non - Inverter	55,00	384,70	88,10	0,94	52,18	58,45	89,28	49,10
2	Conti II (Broad Bent)	Non - Inverter	75,00	384,70	120,20	0,95	52,18	79,37	87,69	65,77
3	Conti III (Broad Bent)	Non - Inverter	75,00	384,70	120,20	0,95	69,60	79,37	87,69	65,77
4	Conti IX (HL)	Non - Inverter	55,00	384,70	86,50	0,94	50,08	58,45	85,69	47,13
5	Conti X (HL)	Non - Inverter	55,00	384,70	86,50	0,94	82,98	58,45	87,13	78,42
6	Conti XI (BMA)	Non - Inverter	90,00	384,70	140,10	0,95	82,98	95,24	87,13	78,42
7	Mixer C	Non - Inverter	18,00	384,70	33,10	0,92	16,52	19,48	84,81	15,27
8	Mixer D1	Non - Inverter	18,00	384,70	30,70	0,92	15,32	19,48	78,66	14,16
9	Mixer D2	Non - Inverter	18,00	384,70	30,70	0,92	15,32	19,48	78,66	14,16
10	Cooler C	Non - Inverter	22,00	384,70	34,30	0,92	19,40	23,81	81,49	17,93
11	Pompa Rota C1	Non - Inverter	37,00	384,70	58,60	0,93	33,93	39,78	85,28	31,55
12	Pompa Rota C2	Non - Inverter	37,00	384,70	58,60	0,93	33,93	39,78	85,28	31,55
13	Cooler D1	Non - Inverter	7,50	384,70	11,20	0,91	6,34	8,24	76,88	5,77
14	Pompa Rota D1 I	Non - Inverter	37,00	384,70	58,60	0,93	33,93	39,78	85,28	31,55
15	Pompa Rota D1 II	Non - Inverter	37,00	384,70	58,60	0,93	33,93	39,78	85,28	31,55
16	Cooler D2	Non - Inverter	11,00	384,70	17,60	0,91	9,37	12,09	77,52	8,53
17	Pompa Rota D2 I	Non - Inverter	22,00	384,70	36,60	0,92	20,70	23,81	86,96	19,13
18	Pompa Rota D2 II	Non - Inverter	22,00	384,70	36,60	0,92	20,70	23,81	86,96	19,13
19	Pompa Tetes Selatan	Non - Inverter	18,00	384,70	27,80	0,92	16,28	19,48	83,58	15,04
20	Pompa Tetes Tengah	Non - Inverter	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65
21	Pompa Tetes Utara	Non - Inverter	37,00	384,70	57,10	0,93	33,06	39,78	83,10	30,75
22	Strop C Timur	Non - Inverter	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65
23	Strop C Barat	Non - Inverter	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65
24	Klare III Timur	Non - Inverter	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65
25	Klare III Tengah	Non - Inverter	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V_{terukur} (V)	I_{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
26	Klare III Barat	Non - <i>Inverter</i>	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65
27	Pompa Air Panas 1	Non - <i>Inverter</i>	7,50	384,70	10,60	0,91	6,21	8,24	75,32	5,65
28	Pompa Air Panas 3	Non - <i>Inverter</i>	7,50	384,70	11,40	0,91	6,75	8,24	81,93	6,14

Keterangan: Pi = Daya Masuk 3 fasa (kW) ; Pr = Daya Masuk Berdasarkan Data (Name Plate kW)



Lampiran 2c Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Puteran (Panel Asea, WS dan Talang Goyang)

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
1	Asea 1	DC	214,00	385,50	338,20	0,95	200,74	224,32	89,49	191,51
2	Asea 2	DC	250,00	385,50	389,10	0,95	230,95	262,05	88,13	220,33
3	Asea 4	DC	214,00	385,50	321,20	0,95	190,65	224,32	84,99	181,88
4	WS 4	<i>Inverter</i>	115,00	385,63	187,90	0,95	105,30	121,05	86,99	100,03
5	WS 1	<i>Inverter</i>	200,00	385,63	333,60	0,95	186,95	209,64	89,18	178,35
6	Talang Goyang 1	Non - <i>Inverter</i>	11,00	380,47	18,00	0,91	9,60	12,09	79,39	8,73
7	Talang Goyang 2	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	24,50	0,92	13,06	16,23	80,46	12,07
8	Talang Goyang 3	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	25,30	0,92	10,82	16,23	66,68	10,00
9	Talang Goyang 4	Non - <i>Inverter</i>	7,50	380,47	12,30	0,91	5,26	8,24	63,85	4,79
10	Talang Goyang 5 Timur	Non - <i>Inverter</i>	7,50	380,47	12,30	0,91	5,26	8,24	63,85	4,79
11	Talang Goyang 6 Barat	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	25,90	0,92	11,08	16,23	68,26	10,24
12	Elevator I	Non - <i>Inverter</i>	22,00	380,47	37,30	0,92	20,87	23,81	87,65	19,28
13	Elevator II	Non - <i>Inverter</i>	22,00	380,47	37,30	0,92	20,87	23,81	87,65	19,28
14	Klare 1 Barat	Non - <i>Inverter</i>	7,50	380,47	11,90	0,91	6,66	8,24	80,78	6,06
15	Klare 1 Timur	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	24,10	0,92	13,48	16,23	83,06	12,46
16	Klare 1 Tengah	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	24,10	0,92	13,48	16,23	83,06	12,46
17	Strop A Barat	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	24,10	0,92	12,69	16,23	78,17	11,73
18	Strop A Tengah	Non - <i>Inverter</i>	15,00	380,47	24,10	0,92	12,69	16,23	78,17	11,73
19	Strop A Timur	Non - <i>Inverter</i>	37,00	380,47	56,90	0,93	29,96	39,78	75,31	27,86
20	Pompa Rota Atas Barat	Non - <i>Inverter</i>	37,00	380,47	61,70	0,93	34,52	39,78	86,77	32,10
21	Pompa Rota Atas Tengah	Non - <i>Inverter</i>	37,00	380,47	56,90	0,93	31,83	39,78	80,02	29,61
22	Pompa Rota Atas Timur	Non - <i>Inverter</i>	37,00	380,47	61,70	0,93	32,49	39,78	81,66	30,21
23	Blower Suction	Non - <i>Inverter</i>	75,00	380,47	121,70	0,95	64,08	79,37	80,74	60,56
24	Blower Dryer	Non - <i>Inverter</i>	45,00	380,47	74,10	0,94	41,46	47,82	86,69	39,01

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	P _i (kW)	P _r (kW)	Load (%)	Beban (kW)
25	Blower Cooler	Non - <i>Inverter</i>	45,00	380,47	74,10	0,94	41,46	47,82	86,69	39,01
26	Mixer Asea Selatan	Non - <i>Inverter</i>	30,00	380,47	49,40	0,93	27,64	32,26	85,68	25,70
27	Mixer Asea Utara	Non - <i>Inverter</i>	30,00	380,47	49,40	0,93	27,64	32,26	85,68	25,70
28	Blower Asea 1	Non - <i>Inverter</i>	11,00	380,47	17,70	0,91	9,32	12,09	77,10	8,48
29	Blower Asea 2	Non - <i>Inverter</i>	5,50	380,47	8,50	0,90	4,48	6,15	72,83	4,01
30	Blower Asea 3	Non - <i>Inverter</i>	11,00	380,47	17,70	0,91	9,32	12,09	77,10	8,48
31	Blower Asea 4	Non - <i>Inverter</i>	11,00	380,47	17,70	0,91	9,32	12,09	77,10	8,48

Keterangan: P_i = Daya Masuk 3 fasa (kW) ; P_r = Daya Masuk Berdasarkan Data (Name Plate kW)

Lampiran 2d Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Ketel (Panel Yoshimine II dan Baggase Dryer)

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
1	Fwp Timur/SL	Non - Inverter	150,00	380,47	236,80	0,95	138,72	157,23	88,22	132,34
2	Fwp utara	Non - Inverter	160,00	380,47	254,50	0,95	149,09	167,71	88,89	142,23
3	Dearator 1/SL	Non - Inverter	22,00	380,47	36,20	0,91	20,73	24,18	85,75	18,86
4	Spray UB 1	Non - Inverter	7,50	380,47	12,30	0,90	6,88	8,31	82,76	6,21
5	Spray UB 2	Non - Inverter	18,00	380,47	29,40	0,91	14,51	19,78	73,37	13,21
6	IDF	Non - Inverter	160,00	380,47	258,20	0,95	147,86	168,42	87,79	140,46
7	FDF	Non - Inverter	45,00	380,47	75,80	0,93	42,41	48,39	87,64	39,44
8	Safan Barat	Non - Inverter	37,00	380,47	55,20	0,93	30,88	39,78	77,63	28,72
9	Safan Timur	Non - Inverter	37,00	380,47	55,20	0,93	30,88	39,78	77,63	28,72
10	Conveyor DC	Non - Inverter	2,20	380,47	3,70	0,88	2,07	2,51	82,33	1,81
11	Conveyor DH	Non - Inverter	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22
12	Conveyor Transfer	Non - Inverter	3,70	380,47	4,90	0,88	2,74	4,23	64,83	2,40
13	Pompa Residu Selatan	Non - Inverter	7,50	380,47	12,30	0,91	6,88	8,24	83,50	6,26
14	Pompa Residu Utara	Non - Inverter	7,50	380,47	11,00	0,91	6,15	8,24	74,67	5,60
15	Bagasse Feader 1	Inverter	2,20	380,47	2,50	0,88	1,40	2,51	55,63	1,22
16	Bagasse Feader 2	Inverter	2,20	380,47	2,50	0,88	1,40	2,51	55,63	1,22
17	Bagasse Feader 3	Inverter	2,20	380,47	2,50	0,88	1,40	2,51	55,63	1,22
18	Bagasse Feader 4	Inverter	2,20	380,47	2,50	0,88	1,40	2,51	55,63	1,22
19	Bagasse Feader 5	Inverter	2,20	380,47	2,50	0,88	1,40	2,51	55,63	1,22
20	Bagasse Feader 6	Inverter	2,20	380,47	2,50	0,88	1,40	2,51	55,63	1,22
21	Rotary Feader 1	Non - Inverter	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22
22	Rotary Feader 2	Non - Inverter	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22
23	Rotary Feader 3	Non - Inverter	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22
24	Rotary Feader 4	Non - Inverter	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V_{terukur} (V)	I_{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
25	Rotary Feader 5	Non - <i>Inverter</i>	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22
26	Rotary Feader 6	Non - <i>Inverter</i>	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22
27	Spreader	Non - <i>Inverter</i>	1,50	380,47	2,50	0,88	1,40	1,71	81,59	1,22

Keterangan: Pi = Daya Masuk 3 fasa (kW) ; Pr = Daya Masuk Berdasarkan Data (Name Plate kW)

Lampiran 2e Hasil Perhitungan Pembebanan pada Stasiun Ketel (Panel Cheng - Cen dan Baggase Dryer)

No	Nama Motor	Keterangan	Daya (kW)	V _{terukur} (V)	I _{terukur} (A)	η	Pi (kW)	Pr (kW)	Load (%)	Beban (kW)
1	SA FAN # 1	Non - Inverter	75,00	386,83	110,40	0,95	63,54	79,37	80,06	60,04
2	SA FAN # 2	Non - Inverter	75,00	386,83	110,40	0,95	63,54	79,37	80,06	60,04
3	Deaerator Selatan	Non - Inverter	30,00	386,83	46,10	0,92	27,46	32,47	84,57	25,37
4	Bagasse Feader 1	Inverter	5,50	386,83	9,20	0,90	4,93	6,15	80,15	4,41
5	Bagasse Feader 2	Inverter	5,50	386,83	9,20	0,90	4,93	6,15	80,15	4,41
6	Bagasse Feader 3	Inverter	5,50	386,83	9,20	0,90	4,93	6,15	80,15	4,41
7	Bagasse Feader 4	Inverter	5,50	386,83	9,20	0,90	4,93	6,15	80,15	4,41
8	Rotary Feader 1	Non - Inverter	1,50	386,83	2,70	0,88	1,54	1,71	89,59	1,34
9	Rotary Feader 2	Non - Inverter	1,50	386,83	2,70	0,88	1,54	1,71	89,59	1,34
10	Rotary Feader 3	Non - Inverter	1,50	386,83	2,70	0,88	1,54	1,71	89,59	1,34
11	Rotary Feader 4	Non - Inverter	1,50	386,83	2,70	0,88	1,54	1,71	89,59	1,34
12	Oil Burner 1	Non - Inverter	18,50	386,83	27,00	0,92	15,54	20,02	77,61	14,36
13	Drum Hooper 1	Non - Inverter	1,50	386,83	2,70	0,88	1,54	1,71	89,59	1,34
14	Drum Hooper 2	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
15	Drum Hooper 3	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
16	Drum Hooper 4	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
17	Dust Collector 1	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
18	Dust Collector 2	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
19	Dust Collector 3	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
20	Dust Collector 4	Non - Inverter	0,40	386,83	0,60	0,83	0,34	0,48	70,39	0,28
21	FWP Utara	Non - Inverter	160,00	386,83	246,80	0,95	147,00	168,42	87,28	139,65
22	Conveyor Dust Collector	Non - Inverter	3,00	386,83	5,50	0,88	3,13	3,43	91,25	2,74
23	Baggase Spreader	Non - Inverter	0,84	386,83	1,30	0,84	0,74	1,00	73,95	0,62

Keterangan: Pi = Daya Masuk 3 fasa (kW) ; Pr = Daya Masuk Berdasarkan Data (Name Plate kW)

Lampiran 3a Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Pabrik Tengah

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	penghematan (kWh/giling)	Keterangan
1	P. Vacuum P. Masak 1-5	372.092,16	248.061,44	124.030,72	inverter
2	P. Vacuum P. Masak 6-11	668.180,27	445.453,51	222.726,76	inverter
3	P. Injeksi P. Panas	1.451.992,88	967.995,25	483.997,63	inverter
4	P. Injeksi P. Panas 6-11	1.072.778,88	715.185,92	357.592,96	inverter
5	P. Vacuum R.A	908.327,04	605.551,36	302.775,68	inverter
6	P. Vacuum Pancingan	655.650,29	437.100,19	218.550,10	inverter
7	P. Vacuum PP-PM	313.505,17	209.003,45	104.501,72	inverter
8	P. Vacuum Pancingan	313.491,84	208.994,56	104.497,28	inverter
9	P. Kondensat K Masinis 1	40.450,56	26.967,04	13.483,52	inverter
10	P. Kondensat K Masinis 3	115.434,24	76.956,16	38.478,08	inverter
11	P. Rota Barat Jengongan	125.546,88	83.697,92	41.848,96	inverter
12	P. Rota Tengah	125.546,88	83.697,92	41.848,96	inverter
13	P. Rota Timur	72.599,04	48.399,36	24.199,68	inverter
14	P. Coller Trog	45.970,56	30.647,04	15.323,52	inverter
15	P. Kondensate Trog barat 1	55.200,00	36.800,00	18.400,00	inverter
16	P. Kondensate Trog barat 2	67.476,48	44.984,32	22.492,16	inverter
17	P. Kondensate Trog barat 3	141.135,36	94.090,24	47.045,12	inverter
18	P. Trog timur 6,7,8,9	21.505,92	14.337,28	7.168,64	inverter
19	P. Trog barat 1-5	24.464,64	16.309,76	8.154,88	inverter
20	P. Trog timur 10,11,12,13	25.877,76	17.251,84	8.625,92	inverter
21	P. Nira kental 1	156.768,00	104.512,00	52.256,00	inverter
22	P. Nira Diksap	153.146,88	102.097,92	51.048,96	inverter
23	P. Rowsap 2	178.715,52	119.143,68	59.571,84	inverter
24	P. Clear Juice	144.138,24	96.092,16	48.046,08	inverter
25	Kondensat P. Panas 1	42.721,85	28.481,23	14.240,62	inverter
26	Kondensat P. Panas 2	61.205,76	40.803,84	20.401,92	inverter
27	P. Deficator 1	61.205,76	40.803,84	20.401,92	inverter
28	P. Deficator 2	113.447,04	75.631,36	37.815,68	inverter
29	P. Kapur 1	27.981,56	18.654,37	9.327,19	inverter
30	P. Kapur 2	63.502,08	42.334,72	21.167,36	inverter
31	P. Mixer Kapur 1	15.235,20	10.156,80	5.078,40	inverter
32	P. Mixer Kapur 2	27.617,09	18.411,40	9.205,70	inverter
33	P. RBS 1	10.730,88	7.153,92	3.576,96	inverter
34	P. RBS 2	10.112,64	6.741,76	3.370,88	inverter
35	P. Conveyor Blotong Door	7.242,24	4.828,16	2.414,08	inverter
36	P. Mixer Blotong	8.257,92	5.505,28	2.752,64	inverter
37	P. Centre Blotong	7.507,20	5.004,80	2.502,40	inverter
38	P. Mimbran door	8.478,72	5.652,48	2.826,24	inverter
39	P. Filter door	5.608,32	3.738,88	1.869,44	inverter

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	penghematan (kWh/giling)	Keterangan
40	P. Vacuum Door 1	107.176,32	71.450,88	35.725,44	inverter
41	P. Vacuum Door 2	173.063,04	115.375,36	57.687,68	inverter
42	P. Kompresor 1	153.146,88	102.097,92	51.048,96	inverter
43	P. Kompresor 2	199.117,44	132.744,96	66.372,48	inverter
44	P. Filtrit	37.315,20	24.876,80	12.438,40	inverter
45	P. Filtrit	37.315,20	24.876,80	12.438,40	inverter



**Lampiran 3b Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Ketel
(cheng-cen)**

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	penghematan (kWh/giling)	Keterangan
1	Fwp Timur/SL	609.251,70	456.938,78	152.312,93	inverter
2	Fwp utara	654.791,21	491.093,41	163.697,80	inverter
3	Dearator 1/SL	91.044,32	68.283,24	22.761,08	inverter
4	Spray UB 1	30.223,80	22.667,85	7.555,95	inverter
5	Spray UB 2	63.743,17	47.807,38	15.935,79	inverter
6	IDF	649.382,44	487.036,83	162.345,61	inverter
7	FDF	186.257,25	139.692,94	46.564,31	inverter
8	Safan Barat	135.638,52	101.728,89	33.909,63	inverter
9	Safan Timur	135.638,52	101.728,89	33.909,63	inverter
10	Conveyor DC	9.091,71	6.818,78	2.272,93	inverter
11	Conveyor DH	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
12	Conveyor Transfer	12.040,38	9.030,28	3.010,09	inverter
13	Pompa Residu Selatan	30.223,80	22.667,85	7.555,95	inverter
14	Pompa Residu Utara	27.029,42	20.272,06	6.757,35	inverter
15	Bagasse Feader 1	4.607,29	4.607,29	-	inverter
16	Bagasse Feader 2	4.607,29	4.607,29	-	inverter
17	Bagasse Feader 3	4.607,29	4.607,29	-	inverter
18	Bagasse Feader 4	4.607,29	4.607,29	-	inverter
19	Bagasse Feader 5	4.607,29	4.607,29	-	inverter
20	Bagasse Feader 6	4.607,29	4.607,29	-	inverter
21	Rotary Feader 1	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
22	Rotary Feader 2	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
23	Rotary Feader 3	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
24	Rotary Feader 4	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
25	Rotary Feader 5	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
26	Rotary Feader 6	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter
27	Spreader	6.143,05	4.607,29	1.535,76	inverter

**Lampiran 3c Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Ketel
(Yoshimine II)**

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	penghematan (kWh/giling)	Keterangan
1	SA FAN # 1	280.586,38	210.439,78	70.146,59	inverter
2	SA FAN # 2	280.586,38	210.439,78	70.146,59	inverter
3	Deaerator Selatan	121.252,30	90.939,23	30.313,08	inverter
4	Bagasse Feader 1	16.313,16	16.313,16	-	inverter
5	Bagasse Feader 2	16.313,16	16.313,16	-	inverter
6	Bagasse Feader 3	16.313,16	16.313,16	-	inverter
7	Bagasse Feader 4	16.313,16	16.313,16	-	inverter
8	Rotary Feader 1	6.782,37	5.086,78	1.695,59	inverter
9	Rotary Feader 2	6.782,37	5.086,78	1.695,59	inverter
10	Rotary Feader 3	6.782,37	5.086,78	1.695,59	inverter
11	Rotary Feader 4	6.782,37	5.086,78	1.695,59	inverter
12	Oil Burner 1	68.621,67	51.466,25	17.155,42	inverter
13	Drum Hooper 1	6.782,37	5.086,78	1.695,59	inverter
14	Drum Hooper 2	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
15	Drum Hooper 3	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
16	Drum Hooper 4	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
17	Dust Collector 1	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
18	Dust Collector 2	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
19	Dust Collector 3	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
20	Dust Collector 4	1.507,19	1.130,40	376,80	inverter
21	FWP Utara	649.133,80	486.850,35	162.283,45	inverter
22	Conveyor Dust Collector	13.815,95	10.361,96	3.453,99	inverter
23	Baggase Spreader	3.265,59	2.449,19	816,40	inverter

Lampiran 3d Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Puteran (conti)

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	penghematan (kWh/giling)	Keterangan
1	Conti I (HL)	230.442,87	153.628,58	76.814,29	inverter
2	Conti II (Broad Bent)	230.442,87	153.628,58	76.814,29	inverter
3	Conti III (Broad Bent)	307.341,41	204.894,27	102.447,14	inverter
4	Conti IX (HL)	221.173,31	147.448,87	73.724,44	inverter
5	Conti X (HL)	366.459,09	244.306,06	122.153,03	inverter
6	Conti XI (BMA)	366.459,09	244.306,06	122.153,03	inverter
7	Mixer C	72.960,30	48.640,20	24.320,10	inverter
8	Mixer D1	67.670,13	45.113,42	22.556,71	inverter
9	Mixer D2	67.670,13	45.113,42	22.556,71	inverter
10	Cooler C	85.686,10	57.124,07	28.562,03	inverter
11	Pompa Rota C1	149.835,33	99.890,22	49.945,11	inverter
12	Pompa Rota C2	149.835,33	99.890,22	49.945,11	inverter
13	Cooler D1	27.979,14	18.652,76	9.326,38	inverter
14	Pompa Rota D1 I	149.835,33	99.890,22	49.945,11	inverter
15	Pompa Rota D1 II	149.835,33	99.890,22	49.945,11	inverter
16	Cooler D2	41.380,91	27.587,27	13.793,64	inverter
17	Pompa Rota D2 I	91.431,82	60.954,55	30.477,27	inverter
18	Pompa Rota D2 II	91.431,82	60.954,55	30.477,27	inverter
19	Pompa Tetes Selatan	71.899,33	47.932,88	23.966,44	inverter
20	Pompa Tetes Tengah	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
21	Pompa Tetes Utara	145.999,95	97.333,30	48.666,65	inverter
22	Strop C Timur	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
23	Strop C Barat	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
24	Klare III Timur	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
25	Klare III Tengah	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
26	Klare III Barat	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
27	Pompa Air Panas 1	27.414,85	18.276,57	9.138,28	inverter
28	Pompa Air Panas 3	29.818,94	19.879,29	9.939,65	inverter

Lampira3e Hasil Perhitungan Penghematan Energi Beban Motor Stasiun Puteran (ASEA, WS dan Talang Goyang)

No	Nama Motor	kWh/giling	kWh/giling (Inverter)	penghematan (kWh/giling)	Keterangan
1	Asea 1	590.978,80	590.978,80	-	inverter
2	Asea 2	679.922,68	679.922,68	-	inverter
3	Asea 4	561.272,59	561.272,59	-	inverter
4	WS 4	310.002,03	310.002,03	-	inverter
5	WS 1	550.381,47	550.381,47	-	inverter
6	Talang Goyang 1	42.378,86	28.252,58	14.126,29	inverter
7	Talang Goyang 2	57.682,34	38.454,89	19.227,45	inverter
8	Talang Goyang 3	47.799,75	31.866,50	15.933,25	inverter
9	Talang Goyang 4	23.238,62	15.492,41	7.746,21	inverter
10	Talang Goyang 5 Timur	23.238,62	15.492,41	7.746,21	inverter
11	Talang Goyang 6 Barat	48.933,34	32.622,23	16.311,11	inverter
12	Elevator I	92.155,13	61.436,76	30.718,38	inverter
13	Elevator II	92.155,13	61.436,76	30.718,38	inverter
14	Klare 1 Barat	29.400,70	19.600,47	9.800,23	inverter
15	Klare 1 Timur	59.542,59	39.695,06	19.847,53	inverter
16	Klare 1 Tengah	59.542,59	39.695,06	19.847,53	inverter
17	Strop A Barat	56.040,09	37.360,06	18.680,03	inverter
18	Strop A Tengah	56.040,09	37.360,06	18.680,03	inverter
19	Strop A Timur	132.310,42	88.206,94	44.103,47	inverter
20	Pompa Rota Atas Barat	152.438,92	101.625,95	50.812,97	inverter
21	Pompa Rota Atas Tengah	140.579,82	93.719,88	46.859,94	inverter
22	Pompa Rota Atas Timur	143.471,93	95.647,95	47.823,98	inverter
23	Blower Suction	282.990,82	188.660,55	94.330,27	inverter
24	Blower Dryer	183.074,95	122.049,96	61.024,98	inverter
25	Blower Cooler	183.074,95	122.049,96	61.024,98	inverter
26	Mixer Asea Selatan	122.049,96	81.366,64	40.683,32	inverter
27	Mixer Asea Utara	122.049,96	81.366,64	40.683,32	inverter
28	Blower Asea 1	41.158,07	27.438,72	13.719,36	inverter
29	Blower Asea 2	19.765,18	13.176,78	6.588,39	inverter
30	Blower Asea 3	41.158,07	27.438,72	13.719,36	inverter
31	Blower Asea 4	41.158,07	27.438,72	13.719,36	inverter

Lampiran 4 Peletakan Lampu dan Jenisnya

NO	Stasiun	Lokasi	Luas m ²	Jenis Lampu	Pin (w)	Jumlah Lampu	ΣP (w)	Jam Operasi
1	Gilingan	Atas	2244	ML 500 w	554	8	4432	16
				SL 80 w	70	8	560	16
		Bawah		ML 500 w	554	11	6094	24
				ML 250 w	277	1	277	24
				Pijar 200 w	168	5	840	24
				SL 80 w	70	3	210	24
				SL 65 w	60	8	480	24
				TL 40 w	40	16	640	24
2	Pabrik Tengah	Atas	6908	ML 500 w	554	41	22714	18
		Pemurnian		ML 500 w	554	13	7202	24
				SL 80 w	70	3	210	24
				Pijar 300 w	256	3	768	24
		Pan Masak		ML 500 w	554	16	8864	24
				ML 250 w	277	2	554	24
				Pijar 300 w	256	4	1024	24
				Pijar 200 w	168	1	168	24
				SL 80 w	70	4	280	24
				TL 40 w	40	17	680	24
3	Puteran	Atas	3575	ML 500 w	554	22	12188	18
		Bawah		ML 500 w	554	3	1662	24
				TL 40 w	40	22	880	24
4	Ketel	Atas	3483	ML 500 w	554	12	6648	18
		Bawah		ML 500 w	554	4	2216	24
				ML 250 w	277	5	1385	24
				Pijar 300 w	256	5	1280	24
				Pijar 200 w	168	3	504	24
				SL 80 w	70	6	420	24
				SL 65 w	60	1	60	24
TL 40 w	40	13	520	24				
5	Listrik	Atas	1000	ML 500 w	554	4	2216	24
				SL 80 w	70	5	350	24
				TL 40 w	40	23	920	24
6	Besali		584	ML 250 w	277	9	2493	24
				TL 40 w	40	2	80	24
7	Kantor Lisrik		29	SL	60	2	120	12
8	Kantor Lisrik II		52,2	SL	60	3	180	24

Lampiran 5 Penghematan pada Lampu

NO	Stasiun	Lokasi	Luas m ²	Jenis Lampu	Pin (w)	Jumlah Lampu
1	Gilingan	Atas	2244	LED	100	8
				SL Tornado	70	8
		Bawah		LED	100	11
				SL Tornado	85	1
				SL Tornado	45	5
				SL Tornado	70	3
				SL Tornado	60	8
				TL D Eco	32	16
2	Pabrik Tengah	Atas	6908	LED	100	41
		Pemurnian		LED	100	13
				SL Tornado	70	3
				SL Tornado	65	3
		Pan Masak		LED	100	16
				SL Tornado	85	2
				SL Tornado	65	4
				SL Tornado	45	1
				SL Tornado	70	4
				TL D Eco	32	17
3	Puteran	Atas	3575	LED	100	22
		Bawah		LED	100	3
				TL D Eco	32	22
4	Ketel	Atas	3483	LED	100	12
		Bawah		LED	100	4
				SL Tornado	85	5
				SL Tornado	65	5
				SL Tornado	45	3
				SL Tornado	70	6
				SL Tornado	60	1
TL D Eco	32	13				
5	Listrik	Atas	1000	LED	100	4
				SL Tornado	70	5
				TL D Eco	32	23
6	Besali		584	SL Tornado	85	9
				TL D Eco	32	2
7	Kantor Lisrik		29	SL Tornado	60	2
8	Kantor Lisrik II		52,2	SL Tornado	60	2

Lampiran 6 AC Inverter 1 PK, 1,5 PK, 2 PK, dan 2,5 PK

Model	(50Hz)	CS-S10PKP (CU-S10PKP)	CS-S13PKP (CU-S13PKP)	CS-S18PKP (CU-S18PKP)	CS-S24PKP (CU-S24PKP)	
Kapasitas Pendinginan	Btu/h	9,720 (2,860-11,200)	12,500 (3,140-14,300)	18,100 (3,750-20,500)	21,300 (3,820-24,200)	
	kW	2.85 (0.84-3.28)	3.67 (0.92-4.20)	5.30 (1.10-6.00)	6.25 (1.12-7.10)	
EER	Btu/hW	13.3	12.4	12.6	11.3	
Data Kelistrikan	Voltase	V	220-240	220-240	220-240	
	Arus Daya	A	3.6-3.3	5.1-4.6	7.0-6.4	8.8-8.2
	Daya Input	W	730 (225-920)	1,010 (260-1,200)	1,440 (290-1,700)	1,880 (320-2,200)
Penghilang Kelembapan	L/h	1.7	2.1	2.9	3.5	
	Pt/h	3.6	4.4	6.1	7.4	
Sirkulasi Udara (Indoor/H)	m ³ /min.	10.1	10.9	17.7	18.1	
	ft ³ /min.	355	385	625	640	
Dimensi	Tinggi	mm	290 (511)	290 (542)	290 (619)	290 (695)
		inch	11-7/16 (20-1/8)	11-7/16 (21-11/32)	11-7/16 (24-3/8)	11-7/16 (27-3/8)
	Panjang	mm	870 (650)	870 (780)	1,070 (824)	1,070 (875)
		inch	34-9/32 (25-19/32)	34-9/32 (30-23/32)	42-5/32 (32-15/32)	42-5/32 (34-15/32)
	Lebar	mm	214 (230)	214 (289)	240 (299)	240 (320)
		inch	8-7/16 (9-1/16)	8-7/16 (11-13/32)	9-15/32 (11-25/32)	9-15/32 (12-5/8)
Berat Bersih	kg	9 (20)	9 (30)	12 (32)	12 (44)	
	lb	20 (44)	20 (66)	26 (71)	26 (97)	
Diameter Pipa Pendingin	Sisi Cair	mm	ø6.35	ø6.35	ø6.35	ø6.35
		inch	1/4	1/4	1/4	1/4
	Sisi Gas	mm	ø9.52	ø12.70	ø12.70	ø15.88
		inch	3/8	1/2	1/2	5/8
Sambungan Pipa	Panjang Pipa yang Didapat	m	7.5	7.5	10	10
	Panjang Maksimum Pipa	m	15	15	20	20
	Ketinggian Maksimum Pipa	m	5	5	15	15
	Gas Pendingin Tambahan*	g/m	15	15	15	20
Pencatu Daya		Indoor	Indoor	Indoor	Indoor	

Sumber : www.panasonic.com



Lampiran 7 LHE Philips Tornado High Lumen

Tornado High Lumen



Product Description

- High lumen energy-saving lamp
- Designed for soft, cool white and cool day light
- Perfect energy-saving solution for mercury lamps replacement
- Simple installation – no ballast needed

Product Features

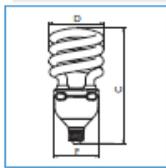
- Very good colour rendering
- Flawless ignition at -10°C and up
- Ambient temperature range to ensure almost constant light output: 0 - 50°C

Product Benefits

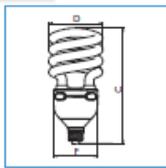
- Decorative design combined with high lumen output
- Lamps can be used in places where they are directly visible
- Simple installation – no ballast needed
- Perfect energy-saving solution for mercury lamps replacement
- Fewer replacements and high energy efficiency

Application

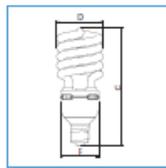
- Dedicated mostly for professional applications (hotels, restaurants, shops)
- Ideal for High Bay type indoor applications
- Enclosed fixtures are required for outdoor applications
- Not suitable for dimming and electronic devices



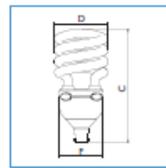
Dim.	C	D	F
no.	max.	max.	max.
1	207	98	80.3



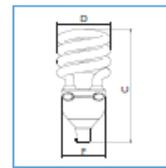
Dim.	C	D	F
no.	max.	max.	max.
2	223	98	80.3



Dim.	C	D	F
no.	max.	max.	max.
3	254	104	98



Dim.	C	D	F
no.	max.	max.	max.
4	206.5	98	80.3



Dim.	C	D	F
no.	max.	max.	max.
5	221.5	98	80.3

Type	Wattage/ Colour Code	Voltage	Colour Designation	Cap-Base	Colour Rendering Index	Luminous flux lamp	Life to 60% failures	Dim. no.	Packing type/ Packing configuration	Ordering number 8727900...
		(V)			(Ra)	(lm)	(h)			
Tornado High Lumen	45W/865	220-240	Cool Daylight	E27	80	2850	8000	1	1CT / 6	807186 00
Tornado High Lumen	65W/865	220-240	Cool Daylight	E27	80	4000	8000	2	1CT / 6	807218 00
Tornado High Lumen	80W/865	220-240	Cool Daylight	E40	80	5300	8000	3	1CT / 6	807233 00
Tornado High Lumen	45W/827	220-240	Warm White	E27	82	3100	8000	1	1CT / 6	808223 00
Tornado High Lumen	65W/827	220-240	Warm White	E27	82	4300	8000	2	1CT / 6	808247 00
Tornado High Lumen	45W/827	220-240	Warm White	B22	82	3100	8000	4	1CT / 6	808281 00
Tornado High Lumen	65W/827	220-240	Warm White	B22	82	4300	8000	5	1CT / 6	808308 00
Tornado High Lumen	80W/827	220-240	Warm White	E40	82	5600	8000	3	1CT / 6	808322 00
Tornado High Lumen	80W/840	220-240	Cool White	E40	82	5600	8000	3	1CT / 6	808334 00
Tornado High Lumen	65W/840	220-240	Cool White	E27	82	4200	8000	2	1CT / 6	807267 00
Tornado High Lumen	45W/840	220-240	Cool White	E27	82	3000	8000	1	1CT / 6	807271 00

Sumber : www.philips.com



Lampiran 8 LED 100 W

LED power 100 Watt

Power supply 220 V, 50 Hz

Total Illumination 130.000 lux

Total luminous lux 13.000 lm

Life time LED 30.000 hr

Colot temp. Pure white 5.000-6.500K

Color temp. Warm 2.500-3.500L

Sumber: www.agenlampu.com



Lampiran 9 TL D Eco

Fluorescent Lamps

TL-D MASTER TL-D Eco



Product Description

- Low-pressure mercury discharge lamps with a tubular 26 mm envelope

Product Features

- The only T8 fluorescent lamp that saves more than 10% of energy in existing indoor luminaires



- Can be directly retrofitted into existing fluorescent fittings operating on conventional EM or HF gear in indoor applications
- Uses the latest highly efficient phosphors and special filling gas
- High-quality lighting with good color rendering (CRI=80)
- Light output comparable to other TL-D Super 80 colors
- Lumen maintenance and lifetime the same as other TL-D Super 80 colors
- Dimmable

Product Benefits

- Simple lamp-for-lamp replacement for more than 10% energy savings

- Makes lighting installations compliant with latest indoor lighting standards
- Relatively high efficacy, both initially and during lifetime, with high lumen maintenance

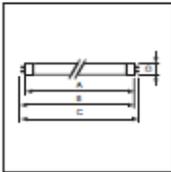
Environment

- Allows easy switching to more energy-conscious solutions
- Helps reduce CO₂ emissions and meet climate change targets
- Philips Green Flagship label due to extremely low mercury levels
- RoHS compliant
- Covered by WEEE

Application

- For use in indoor applications with room temperatures above 20 °C (which implies temperature around the lamp of over 25-35 °C)

- Primary focus on offices, schools and hospitals; secondary focus on retail, industry, supermarkets
- Not recommended under the following conditions:
 - with air flow around the lamps
 - in luminaires with active air handling (lamp temperature will not be the required 25-35 °C, but room temperature)
 - in open luminaires/battens very close to air conditioning outlets or cold air flows
 - in space above freezers (temperature may easily drop below 20 °C)
 - in combination with VRUs (voltage reduction units)



Dim. no.	A		B		C		D	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
1	598.0	594.5	590.9	584.0	804.0	800.0	20	20
2	1196.4	1204.1	1206.5	1213.6	1613.6	1610.0	20	20
3	1500.0	1504.7	1507.1	1514.2	2014.2	2010.0	20	20
4	1703.6	1709.5	1713.9	1720.0	2220.0	2216.0	20	20

MASTER TL-D Eco G13

Wattage/ Colour Code	Colour Rendering Index	Colour Tempera- ture	Energy Efficiency Label (EEL)	Luminous Flux Lamp EM 30°C	Life to 50% fail Preheat EL_3h	Dim. no.	Packing type/ Packing configura- tion	Packs per outer box	National Order Code	Ordering number 8711500...	Nett Trade Price per Piece (€)	
	(Ra)	(K)		(lm)	(h)							
16W/830	85	3000	A	1300	20000	1	1SL / 25	25	16830TLDECO	268570 40	23.79	yes
16W/840	85	4000	A	1300	20000	1	1SL / 25	25	16840TLDECO	268617 40	23.79	yes
16W/865	85	6500	A	1225	20000	1	1SL / 25	25	16865TLDECO	268716 40	23.79	yes
32W/830	85	3000	A	3000	20000	2	1SL / 25	25	32830TLDECO	264589 40	23.79	yes
32W/840	85	4000	A	3000	20000	2	1SL / 25	25	32840TLDECO	264626 40	23.79	yes
32W/865	85	6500	A	2850	20000	2	1SL / 25	25	32865TLDECO	264640 40	23.79	yes
51W/830	85	3000	A	4800	20000	3	1SL / 25	25	51830TLDECO	264664 40	25.02	yes
51W/840	85	4000	A	4800	20000	3	1SL / 25	25	51840TLDECO	264701 40	25.02	yes
51W/865	85	6500	A	4470	20000	3	1SL / 25	25	51865TLDECO	264725 40	25.02	yes
63W/830	85	3000	A	5600	20000	4	1SL / 25	25	63830TLDECO	268730 40	36.29	yes
63W/840	85	4000	A	5600	20000	4	1SL / 25	25	63840TLDECO	268754 40	36.29	yes

Sumber : www.philips.com